

*"Noi cerchiamo di rispondere nella maniera più semplice possibile alle richieste più difficili.
E quella più difficile di tutte è sempre l'abitazione dignitosa per i poveri.
Mettiamo lì tutte le nostre conoscenze per trovare la soluzione minima e massima allo stesso tempo.
Quella che assicura il massimo comfort possibile con la minima spesa.
Non abbiamo scelta, c'è bisogno di fare così. Di arrivare a un progetto che sia irriducibile."*

Alejandro Aravena, 2014



POLITECNICO
MILANO 1863

SCUOLA DI ARCHITETTURA, URBANISTICA E INGEGNERIA DELLE COSTRUZIONI

CORSO DI INGEGNERIA EDILE-ARCHITETTURA
POLO REGIONALE DI LECCO

LABORATORIO DI SINTESI FINALE
ENVIRONMENTAL PERFORMANCES AND SOCIAL INCLUSION:
Un Progetto per la Favela di Rocinha a Rio de Janeiro

RELATORE: Prof. Gabriele Masera
CORRELATORE: Prof. Massimo Tadi

Mirko Valentino Valenti

A.A. 2017/18

© All rights reserved. No part of this thesis may be reproduced, distributed, or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording, or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other non-commercial uses permitted by the copyright rules of Politecnico di Milano.

INDICE

Lista delle immagini.....	14
Documenti allegati.....	22
Ringraziamenti.....	24
Abstract.....	26



01

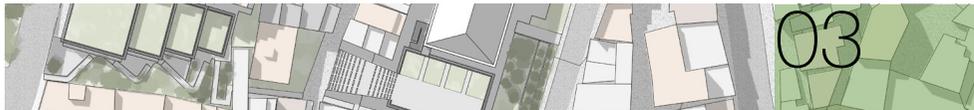
1 Introduzione	
1.1 Obiettivi.....	31
1.2 Localizzazione Geografica.....	32
1.2.1 Rio de Janeiro.....	32
1.2.2 Rocinha.....	32
1.3 Scenario Storico.....	34
1.3.1 Crescita Economica.....	34
1.3.2 Sviluppo Urbano.....	36
1.3.2.1 La Città	
1.3.2.2 Le Favelas	
1.4 Analisi Climatica di Rio.....	39
1.4.1 Temperatura e Umidità.....	39
1.4.2 Precipitazioni.....	39
1.4.3 Vento.....	40



02

2 Urbanistica	
2.1 Analisi del Sito.....	45
2.1.1 Densità Demografica di Rocinha.....	45
2.1.2 Servizi e Infrastrutture.....	47
2.1.3 Analisi Sociale.....	48
2.1.4 Tecniche Costruttive.....	52
2.2 IMM (Integrated Modification Methodology).....	54
2.2.1 Fase 1: Investigation/Analysis.....	56
2.2.1.1 Horizontal Investigation	
2.2.1.1.1 Volume	
2.2.1.1.2 Void	
2.2.1.1.3 Function	
2.2.1.1.4 Transportation	
2.2.1.2 Vertical Investigation-First Level of Superimposition	
2.2.1.2.1 Porosity (Volume+Void)	

2.2.1.2.2 Proximity (Volume+Function)	
2.2.1.2.3 Diversity (Void+Function)	
2.2.1.2.4 Accessibility (Transportation+Function)	
2.2.1.2.5 Interface (Void+Transportation)	
2.2.1.2.6 Effectiveness (Transportation+Volume)	
2.2.1.3 Vertical Investigation-Second Level of Superimposition	
2.2.1.3.1 Compactness (Porosity+Proximity)	
2.2.1.3.2 Complexity (Diversity+Interface)	
2.2.1.3.3 Connectivity (Accessibility+Effectiveness)	
2.2.2 Fase 2: Formulation/Assumption.....	86
2.2.2.1 La Scelta dei Catalizzatori	
2.2.2.1.1 Volume/Void	
2.2.2.1.2 Interface	
2.2.2.2 DOPs	
2.2.3 Fase 3: Modification/Transformation, Intervention & Design.....	96
2.2.3.1 L'approccio	
2.2.3.1.1 Masterplan concettuale	
2.2.3.1.2 Masterplan generale	
2.2.4 Retrofitting.....	108
2.2.4.1 Volume/Void dopo	
2.2.4.2 Interface dopo	
2.3 Concept.....	112



03

Progetto architettonico

3.1 Introduzione.....	116
3.2 Analisi del sito.....	116
3.2.1 Funzioni esistenti.....	116
3.2.2 Intervista alla comunità.....	121
3.3 Strategie progettuali.....	124
3.4 Concept.....	126
3.5 Masterplan.....	128
3.5.1 Intervento e calcoli.....	128
3.5.2 Nuove funzioni.....	129
3.5.3 Masterplan finale.....	134
3.6 Design preliminare.....	137
3.6.1 Studio dei volumi.....	137
3.6.2 Reference.....	139
3.7 Proposta finale.....	154
3.7.1 Layout definitivo.....	154
3.7.2 Accessibilità e circolazione ai vari livelli.....	156
3.7.3 Design del progetto, influenze architettoniche e sostenibilità.....	164
3.7.4 Studio delle facciate.....	166
3.8 Disegni e render.....	168



Progetto tecnologico

4.1	Introduzione.....	202
4.2	Ambiente.....	203
4.2.1	Diagramma psicrometrico.....	206
4.3	Sunpath and shadow analysis per Rocinha.....	207
4.4	Shadow analysis, area di intervento.....	211
4.5	Sunpath analysis, percorso solare.....	212
4.6	Soluzioni tecnologiche.....	213
4.7	Verifiche antincendio.....	232
4.8	Analisi illuminotecnica.....	239
4.8.1	Daylighting factor e Annual daylight illuminance.....	239
4.9	Strategie energetiche.....	246
4.9.1	Architettura bioclimatica.....	246
4.9.1.1	Strategie passive	
4.9.2	Comfort termico.....	249
4.9.2.1	Carichi termici	
4.9.2.1.1	Carichi termici esterni	
4.9.2.1.2	Carichi termici interni	
4.9.2.1.3	Carichi termici totali	
4.10	Analisi energetica con Sefaira plug-in.....	250
4.11	Analisi energetica con Sefaira web-app.....	251
4.11.1	Conclusioni e limiti dell'analisi.....	253



Progetto idraulico

5.1	Introduzione.....	256
5.2	Rete di drenaggio.....	257
5.2.1	Curve di possibilità pluviometrica.....	257
5.2.2	Metodo di calcolo per stimare la portata di colmo....	259
5.3	Sistemi di recupero dell'acqua piovana.....	266
5.3.1	Dimensionamento della cisterna interrata.....	267
5.3.2	Dimensionamento del sistema di sollevamento.....	268
5.3.3	Caratteristiche della pompa e verifica NPSH.....	271
5.3.4	Curva di funzionamento.....	272



Progetto geotecnico

6.1	Introduzione.....	276
6.2	Sicurezza versante.....	278
6.2.1	Analisi del singolo blocco.....	278
6.3	Verifiche di stabilità del blocco di tipo 1.....	280
6.3.1	Verifica a scivolamento caso 1.....	280
6.3.2	Verifica a ribaltamento caso 1.....	281
6.3.3	Verifica a scivolamento caso 2.....	282
6.3.4	Verifica a ribaltamento caso 2.....	283

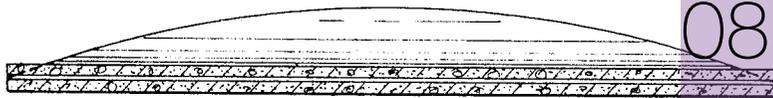
6.3.5	Verifica a scivolamento caso 3.....	284
6.3.6	Verifica a ribaltamento caso 3.....	285
6.4	Verifiche di stabilità del blocco di tipo 2.....	286
6.4.1	Verifica a scivolamento caso 4.....	286
6.4.2	Verifica a ribaltamento caso 4.....	287
6.3.3	Verifica a scivolamento caso 5.....	288
6.4.4	Verifica a ribaltamento caso 5.....	289
6.4.5	Verifica a scivolamento caso 6.....	290
6.4.6	Verifica a ribaltamento caso 6.....	291
6.5	Il tirante a trefoli.....	292
6.5.1	Introduzione.....	292
6.5.2	Dispositivi di protezione.....	292
6.5.3	Modalità di posa.....	292
6.5.4	Conclusioni.....	293



Progetto ergonomico

7.1	Introduzione.....	296
7.2	Analisi dei vincoli di cantiere.....	297
7.2.1	Interazione tra cantiere e contesto ambientale.....	297
7.2.2	Vincoli di accessibilità e approvvigionamento.....	297
7.2.3	Vincoli aerei e di sottosuolo.....	298
7.2.4	Vincoli di superficie e preesistenze.....	298
7.2.5	Caratteristiche del terreno.....	298
7.3	Strategie operative d'intervento.....	299
7.3.1	Mezzi e macchine da cantiere.....	299
7.3.1.1	Macchina per la produzione dei blocchi riciclati Replast	
7.3.1.2	Trasporto della macchina che produce i blocchi Replast	
7.3.1.3	Approvvigionamento dei materiali all'area di cantiere	
7.3.1.4	Mezzi per la movimentazione dei materiali in cantiere	
7.3.1.5	Macchine e attrezzature per la produzione e lavorazione dei materiali	
7.3.2	Materiali e tecnologie.....	302
7.3.2.1	Materiali	
7.3.2.2	Tecnologie costruttive	
7.3.3	Opere provvisorie.....	303
7.4	Organizzazione del cantiere.....	305
7.4.1	Il funzionamento del cantiere.....	305
7.4.2	Elementi caratteristici del cantiere.....	305
7.4.3	Fasi generali di cantiere.....	305
7.4.3.1	Fasi del cantiere effettuate in autocostruzione	
7.4.3.1.1	Fase I, posa in opera dei blocchi riciclati Replast	
7.4.3.1.2	Fase II, posa in opera dei blocchi in laterizio forato	
7.4.3.1.3	Fase III, posa in opera dell'intonaco	
7.4.4	Calcolo delle durate.....	312
7.4.4.1	Calcolo del tempo di realizzazione delle chiusure	

7.4.4.2	Calcolo del tempo di realizzazione di tamponamenti e Cobogò	
7.4.4.3	Calcolo del tempo di realizzazione dell'intonaco	
7.4.5	Layout di cantiere.....	313
7.4.5.1	Esempio layout di cantiere: Posa in opera blocchi Replast edificio 2	
7.5	Schede formative e di sicurezza per gli operatori.....	318
7.5.1	Struttura delle schede di formazione.....	318
7.5.1.1	Scheda di formazione A, la movimentazione manuale	
7.5.1.2	Scheda di formazione B, preparazione di malta e intonaco	
7.5.1.3	Scheda di formazione C, tracciamento e posa di blocchi e mattoni	
7.5.1.4	Scheda di formazione D, taglio di blocchi e mattoni	
7.5.1.5	Scheda di formazione E, posa della rete CFRP e dell'intonaco	



08 Progetto strutturale

8.1	Materiali da costruzione impiegati.....	334
8.2	Carichi permanenti non strutturali.....	334
8.3	Carichi e sovraccarichi.....	336
8.4	Combinazioni di carico.....	336
8.5	Dimensionamento del solaio in laterocemento.....	336
8.5.1	Diagramma d'inviluppo.....	336
8.5.2	Schemi d'inviluppo.....	337
8.5.3	Predimensionamento delle armature.....	337
8.5.4	Verifica allo SLU per flessione.....	340
8.5.5	Verifica allo SLE : tensioni nei materiali.....	341
8.5.6	Verifica allo SLE : stato limite di fessurazione.....	345
8.6	Dimensionamento delle travi.....	345
8.6.1	Analisi dei diagrammi d'inviluppo.....	345
8.6.2	Predimensionamento delle armature allo SLU.....	346
8.6.3	Verifica delle tensioni nei materiali in esercizio.....	351
8.7	Dimensionamento dei pilastri.....	357
8.7.1	Analisi dei carichi.....	357
8.7.2	Azione assiale di calcolo.....	357
8.7.3	Area di calcestruzzo.....	358
8.7.4	Verifica delle armature.....	358
8.7.5	Verifica delle tensioni.....	358
8.7.6	Verifica dello sforzo assiale.....	359
8.8	Dimensionamento del plinto.....	359
8.8.1	Predimensionamento di base ed armature.....	359
8.8.2	Verifica del plinto.....	360
8.8.3	Verifica al punzonamento.....	361

Conclusioni.....362

Bibliografia.....363

LISTA DELLE FIGURE E TABELLE

FIGURE

CAPITOLO 1

Figura 1.1 Rocinha dall'alto. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016	30
Figura 1.2 Rocinha e la sua localizzazione	33
Figura 1.3 Distribuzione della Popolazione Urbana in Brasile, 2010. Fonte: IBGE censimento 2010	36
Figura 1.4 La città inizia a svilupparsi dal "Morro do Castello"	37
Figura 1.5 La prima linea tramviaria che dal Giardi-no Botanico collega il centro al Largo do Machado, in Catete; Nel Gennaio 1870, viene fondata la Rio de Janeiro Street Rail company	37
Figura 1.6 La città inizia a trasformarsi radicalmente lungo le linee dei tram	37
Figura 1.7 Espansione dei trasporti in direzione Nord	37
Figura 1.8 Le aree aperte per la ferrovia (Estrada de Ferro D, Pedro II, Melhoramentos do Brasil, Le-opoldina, Rio D'Oro) erano destinate alle persone povere	37
Figura 1.9 Iniziano a svilupparsi alcuni centri rurali che vengono inglobati nelle città	37
Figura 1.10 Interventi importanti: estensione di Copacabana; costruzione Av. Paulo de Frontin; costruzione del ponte Rio-Niteroi; continuazione della Avenida Perimetral; costruzione dell'intercettatore nella Zona Sud; costruzione della Metro	37
Figura 1.11 La situazione nel 1990	37
Figura 1.12 La situazione nel 2000	37
Figura 1.13 La situazione nel 2010	37
Figura 1.14 Media totale annuale della distribuzione delle piogge dal 1997 al 2006, dati di 30 stazioni di monitoraggio Geo-Rio Foundation (Fonte: Adapted from Dereczynski, et al., 2009)	40
Figura 1.15 Carta solare di Rio de Janeiro	40

CAPITOLO 2

Figura 2.1 La situazione attuale di Rocinha, vegetazione e uso del suolo	44
Figura 2.2 Limiti di Rocinha, le comunità e regioni amministrative(2011)	45
Figura 2.3 Popolazione delle comunità di Rocinha UPP e R.A. Lagoa, 2010	46
Figura 2.4 Servizi e infrastrutture disponibili a Rocinha	47
Figura 2.5 Interazioni sociali in spazi pubblici	49
Figura 2.6 Venditore ambulante	49
Figura 2.7 Un uomo e il suo cane in motorino	49
Figura 2.8 Vita di strada	49
Figura 2.9 La capoeira	49
Figura 2.10 Un sorriso dall'asilo.Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016	50
Figura 2.11 Football. Foto di Veronica Muffatti, Aprile 2016	50
Figura 2.12 Bambini che giocano. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016	50
Figura 2.13 Bambini che giocano. Foto di Chiara Naro, Ottobre 2016	50
Figura 2.14 Asilo nido. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016	50
Figura 2.15 Bambino di Rocinha. Foto di Marta Giordano, Novembre 2016	51
Figura 2.16 Tecniche costruttive a Rocinha	52
Figura 2.17 Pianta tipo	52
Figura 2.18 Tipica casa in vista assonometrica	52
Figure 2.19 Edifici tipici	53
Figura 2.20 Solaio in cemento e mattoni	53
Figura 2.21 Dettaglio del solaio	53

Figura 2.22 Mattoni utilizzati	53
Figura 2.23 Realizzazione del solaio	53
Figura 2.24 Travetti armati del solaio	53
Figura 2.25 Il CAS, con i livelli horizontal (in nero) e vertical (in rosso)_fonte: immdesignlab.com	55
Figura 2.26 Mode passive versus mode active nell'evoluzione della complessità Il CAS all'inizio del suo sviluppo (in rosso). I cambiamenti sono mostrati nell'altezza delle barre	56
Figura 2.27 La divisione del CAS nei suoi quattro livelli orizzontali_fonte: immdesignlab.com	57
Figura 2.28 I volumi di Rocinha	60
Figura 2.29 I vuoti di Rocinha	67
Figura 2.30 Vertical Investigation. La configurazione del CAS è data dalla correlazione tra i suoi sottosistemi (Global configuration)_fonte: immdesignlab.com	70
Figura 2.31 Esempi di Proximity_fonte: immdesignlab.com	86
Figura 2.32 Il CAS coi suoi strati orizzontali in nero e verticali in rosso_fonte: immdesignlab.com	86
Figura 2.33 Volume map	86
Figura 2.34 Interface map	88
Figura 2.35 Le connessioni tra i DOPs	89
Figura 2.36 La situazione attuale di Rocinha, vegetazione e uso del suolo	90
Figura 2.37 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_sezione	90
Figura 2.38 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_pianta	90
Figura 2.39 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_schema	91
Figura 2.40 Relazione tra talvegues (torrenti di acqua piovana) ed esgotos (condotti fognari)	91
Figura 2.41 Implementation of water management_sezione	91
Figura 2.42 Water management_schema	92
Figura 2.43 Create connected open space system, activate urban metabolism Fostering Mixed used spaces and Fostering mixed used spaces_sezione	92
Figura 2.44 Create connected open space system, activate urban metabolismand Fostering mixed used spaces_pianta	92
Figura 2.45 Create connected open space system, activate urban metabolism Fostering Mixed used spaces and Fostering mixed used spaces_schema	93
Figura 2.46 Implementazione dei DOPs_sezione	94
Figura 2.47 DOPs_schemi vari	96
Figura 2.48 I nodi (in rosso quelli esistenti, in blu quelli nuovi)	97
Figura 2.49 Le connessioni concettuali tra i nodi	98
Figura 2.50 Sovrapposizione delle connessioni concettuali con i talvegues esistenti	99
Figura 2.51 Le connessioni reali tra i nodi	100
Figura 2.52 Sovrapposizione della porosity map con le connessioni	101
Figura 2.53 Il masterplan concettuale	102
Figura 2.54 Azione 1: schematizzazione_sezione	102
Figura 2.55 Azione 1: schematizzazione_pianta	103
Figura 2.56 Azione 1: individuazione degli edifici a 1 piano	103
Figura 2.57 Azione 1: individuazione delle sequenze	103
Figura 2.58 Azione 1: esempio di sequenza	103
Figura 2.59 Azione 1: esempio di intervento	104
Figura 2.60 Azione 2_sezione	105

Figura 2.62 Azione 2: individuazione degli edifici su cui lavorare		
Figura 2.63 Azione 2: individuazione degli edifici a 2-3 piani_zoom		
Figura 2.64 Azione 2: individuazione delle possibili connessioni		
Figura 2.65 Individuazione delle aree di intervento		
Figure 2.66; 2.67; 2.68 Individuazione delle aree di intervento_zoom		
Figura 2.69 Volume dopo		
Figura 2.70 Voids dopo		
Figura 2.71 Interface dopo		
CAPITOLO 3		
Figura 3.1 Individuazione area di progetto		
Figura 3.2 Vista dell'area di intervento		
Figura 3.3 Ingrandimento vista dall'alto area di intervento		
Figura 3.4 Ingrandimento area di intervento		
Figura 3.5 La strategia		
Figura 3.6 Diagramma obiettivi e strategie di progetto		
Figura 3.7 Concept plan		
Figura 3.8 Volumetrie rimosse		
Figura 3.9 Volumetrie aggiunte		
Figura 3.10 Nuove funzioni		
Figura 3.11 Rendering altezza uomo area giochi per bambini A1		
Figura 3.12 Rendering volo d'uccello area giochi per bambini		
Figura 3.13 Vista assonometrica arredo urbano da riuso area A1		
Figura 3.14 Rendering altezza uomo piazza area A2		
Figura 3.15 Rendering volo d'uccello piazza area A2		
Figura 3.16 Vista assonometrica arredo urbano da riuso area A2		
Figura 3.17 Rendering altezza d'uomo area A3		
Figura 3.18 Rendering volo d'uccello area A3		
Figura 3.19 Vista assonometrica arredo urbano da riuso area A3		
Figura 3.20 Masterplan scala 1:1000		
Figura 3.21 Masterplan scala 1:500		
Figura 3.22 Assi principali e secondari		
Figura 3.23 Vista area con edifici rimossi		
Figura 3.24 Sezione longitudinale 1		
Figura 3.25 Sezione longitudinale 2		
Figura 3.26 Vista area con edificio		
Figura 3.27 Vista area con edificio		
Figura 3.28 Vista area con creazione della passerella pedonale che connette Estrada Samaritana e la copertura dell'edificio 2		
Figura 3.29 Vista dell'edificio esistente sul quale realizzare la breccia		
Figura 3.30 Vista dell'edificio esistente con breccia		
Figura 3.31 Vista dall'alto dell'edificio esistente sul quale realizzare la breccia		
Figura 3.32 Cloacked in bricks, Teheran, Admun Design e Construction Studios (2015)	105	
Figura 3.33 Cloacked in bricks, Teheran, Admun Design e Construction Studios (2015)	105	139
Figura 3.34 Lucio Costa, Guinle Park resi-mun Design e Construction Studios (2015), dential buildings, Nova Cintra (1948)	105	139
Figura 3.35 MMM Roberto, Julio de Barros mun Design e Construction Studios (2015).	106	139
Barreto Apartment Building (1947)	107	
Figura 3.36 Alejandro Aravena, Elemental, Quinta Monroy, Sold Pedro Prado, Iquique, Tarapacá, Chile (2003)	108	139
Figura 3.37 Alejandro Aravena, Elemental, Quinta Monroy, Sold Pedro Prado, Iquique, Tarapacá, Chile (2003)	109	139
Figura 3.38 Studio KO, Marrakech, Museo Yves Saint Laurent (2017)	110	140
Figura 3.39 Studio KO, Marrakech, Museo Yves Saint Laurent (2017)		140
Figura 3.40 Luis Aldrete, Pilgrim Route Refuge, Jalisco Mexico (2010)	117	140
Figura 3.41 Luis Aldrete, Pilgrim Route Refuge, Jalisco Mexico (2010)	118	140
Figura 3.42 Thomas Chung, Value Farm, Shenzhen Biennale di Hong Kong By-city di Urbanistica \ Architecture (2013)	119	141
Figura 3.43 Emilio Ambasz, Fukuoka Prefectural International Hall (1995)	120	141
Figura 3.44 Fenway Victory Community Gardens, Boston (2011)	124	141
Figura 3.45 Fenway Victory Community Gardens, Boston (2011)	125	141
Figura 3.46 New York urban community	127	141
Figura 3.47 New York urban community Farming, Cookfox Architects (2015)	128	141
Figura 3.48 Binder Gorenprojecten, ZUS, DakAkker, Rotterdam (2012)	128	141
Figura 3.49 New York urban community Farming, Cookfox Architects (2015)	129	141
Figura 3.50 Climbing plants, Mario Cucinella, Centro Direzionale Forum (2006)	131	142
Figura 3.51 Climbing plants, Mario Cucinella, Centro Direzionale Forum (2006)	131	142
Figura 3.52 BRT Architekten, Monaco di Baviera (2007)	132	142
Figura 3.53 BRT Architekten, Monaco di Baviera (2007)	132	142
Figura 3.54 MIA Design Studio, Naman Pure Spa, Da Nang in Vietnam (2015)	132	142
Figura 3.55 Climbing Plants, Pinterest	133	142
Figura 3.56 Project di Raderschallpartner, Ag Meilen	133	142
Figura 3.57 Soradofarm, Ekipara e JR East trains, JR Ebisu station in Tokyo (2012)	133	142
Figura 3.58 Tetto verde, Jan Kudlicka, Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, http://www.archdaily.com/146314/regeneration-of-the-favela-de-rocinha-slum-jan-kudlicka	134	143
Figura 3.59 Mercato di Testaccio, Marco Rietti, Roma (2012)	135	144
Figura 3.60 Mercato di Santa Caterina, EMBT Architects, Barcellona (2005)	137	144
Figura 3.61 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)	137	144
Figura 3.62 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)	137	144
Figura 3.63 Rotterdam Markthal, MVRDV, Rotterdam, Paesi Bassi (2014)	138	144
Figura 3.64 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)	138	144
Figura 3.65 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)	138	144
Figura 3.66 BIG and Topotek 1, Copenhagen, Denmark (2012)	138	145
Figura 3.67 BIG and Topotek 1, Copenhagen, Denmark (2012)	138	145
Figura 3.68 Area giochi, Pinterest	138	145
Figura 3.69 Parcobaleno, Associazione ViviamolaQ	138	145
Figura 3.70 Area giochi, Pinterest laQ, L'Aquila (2013)	139	145

Figura 3.71 Parcobaleno, Associazione ViviamolaQ, L'Aquila (2013)	145	Figura 3.112 Circolazione percorsi edificio 2 Churrasco	163
Figura 3.72 Park 'n' Play, JAJA Architects, Nordhavnen, 2150 Copenhagen, Denmark (2016)	145	Figura 3.113 Facciata metallica con piante rampicanti	167
Figura 3.73 Park 'n' Play, JAJA Architects, Nordhavnen, 2150 Copenhagen, Denmark (2016)	145	Figura 3.114 Prospetto Cobogó edificio di progetto	167
Figura 3.74 Christian Kerez, Porto Seguro Housing Project, São Paulo, Brasil (2013)	147	Figura 3.115 Sistema di facciata con grigliato metallico per piante	167
Figura 3.75 Christian Kerez, Porto Seguro Housing Project, São Paulo, Brasil (2013)	147	Figura 3.116 Render Cobogó edificio di progetto con piante rampicanti	167
Figura 3.76 Irene Braojos Entrena, Hotel en la Favela Rocinha, Rio de Janeiro, Brasil	147	Figura 3.117 Edificio 3 Pianta infopoint - laboratori di cucina	168
Figura 3.77 Un programma per la rigenerazione urbana di Curitiba, in Brasile, Riccardo Maroso e Federica Natalia Rosati architetti (2015)	147	Figura 3.118 Edificio 3 Pianta associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi	169
Figura 3.78 Progetto di passerella pedonale, Medellin, Colombia	148	Figura 3.119 Edificio 3 Pianta mercato frutta, verdura e semi - mercato piante e fiori	170
Figura 3.79 Local strategies for retrofitting in Derbent Slum Neighborhood, Istanbul, Turchia (Muro realizzato con bottiglie in HDPE + muro drenante costituito da pneumatici all'interno dei quali sono alloggiati le piantumazioni)	148	Figura 3.120 Edificio 3 Pianta churrasco e fresh food	171
Figura 3.80 Informobile è una casa mobile che attraverso dei dispositivi in modalità offline e online costituisce un ponte tra la città formale e la città informale, popolazione e governo collaborano per lo scambio di informazioni riguardanti, trasporti, inquinamento e servizi, questo sistema prevede delle premialità per gli abitanti che forniscono le informazioni	148	Figura 3.121 Edificio 2 Pianta mensa pubblica	172
Figura 3.81 Biblioteca Parque de Rocinha C4, Rocinha, Rio de Janeiro, Brasile (2012)	148	Figura 3.122 Edificio 2 Pianta centro di formazione	173
Figura 3.82 Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, Jan Kudlicka	149	Figura 3.123 Edificio 3 Pianta coperture	174
Figura 3.83 Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, Jan Kudlicka	149	Figura 3.124 Edificio 2 Pianta coperture	175
Figura 3.84 Casa de Vidro, Lina Bo Bardi, San Paolo, Brazil (1951)	150	Figura 3.125 Edificio 3 layout funzionale infopoint - laboratori di cucina	176
Figura 3.85 Habitacional do Pedregulho, Alfonso Eduardo Reidy, Rio De Janeiro, Brasile (1947)	150	Figura 3.126 Edificio 3 layout funzionale associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi	177
Figura 3.86 Edificio sede do Banco do estado da Guanabara, Henrique Mindlin e partners (1960)	150	Figura 3.127 Edificio 3 layout funzionale mercato frutta, verdura e semi - mercato piante e fiori	178
Figura 3.87 Lucio Costa, Guinle Park residential buildings, Nova Cintra (1948)	150	Figura 3.128 Edificio 3 layout funzionale churrasco e fresh food	179
Figura 3.88 Residência no Morumbi, Oswaldo Bratke, San Paolo, Brasile (1951) Guanabara, Henrique Mindlin e partners (1960)	150	Figura 3.129 Edificio 2 layout funzionale mensa pubblica	180
Figura 3.89 Edificio Esther, Alvaro Vital Brazil, San Paolo, Brasile (1938)	151	Figura 3.130 Edificio 2 layout funzionale centro di formazione	181
Figura 3.90 Edificio Trussardi, Rino Levi, San Paolo, Brasile (1943)	151	Figura 3.131 Prospetto Ovest edificio 3	182
Figura 3.91 Edificio do antigo Banco do Estado da Guanabara, Henrique Mindlin e partners (1965)	151	Figura 3.132 Prospetto Est edificio 3	183
Figura 3.92 Casa Saldanha Werneck, Marcelo Roberto, Rio de Janeiro, Brasile (1917)	151	Figura 3.133 Prospetto Sud edificio 3	184
Figura 3.93 Garden-terrace del ministero della salute, Rio de Janeiro, Brasile Roberto Burle Marx	151	Figura 3.134 Prospetto Nord edificio 3	185
Figura 3.94 Pavimento spiaggia Copacabana, Roberto Burle Mark Rio de Janeiro, Brasile (1970)	151	Figura 3.135 Sezione longitudinale F - F edificio 3	186
Figura 3.95 Vista dell'area di progetto parte inferiore con scuola elementare "Francisco de Paula Brito"	152	Figura 3.136 Sezione longitudinale E - E edificio 3	187
Figura 3.96 Vista aerea di Rocinha	152	Figura 3.137 Sezione trasversale G - G edificio 3	188
Figura 3.97 Vista panoramica di Rocinha da Gavea	152	Figura 3.138 Sezione trasversale H - H edificio 3	189
Figura 3.98 Vista dall'alto della passerella pedonale d'ingresso alla favela (Oscar Niemeyer)	152	Figura 3.139 Sezione trasversale I - I edificio 3	190
Figura 3.99 Vista rialzata con sfondo il Morro Dois Irmaos	153	Figura 3.140 Prospetto Ovest edificio 2	191
Figura 3.100 Vista ad altezza uomo di Rocinha da Gavea	153	Figura 3.141 Prospetto Est edificio 2	192
Figura 3.101 Vista ad altezza uomo dall'incrocio tra Estrada da Gavea e Rua Nova (Social Housing)	153	Figura 3.142 Prospetto Nord edificio 2	193
Figura 3.102 Vista ad altezza uomo di un canale a cielo aperto dove si riversano i rifiuti	153	Figura 3.143 Prospetto Sud edificio 2	194
Figura 3.103 Layout funzionale edificio 2	154	Figura 3.144 Sezione longitudinale A - A edificio 2	195
Figura 3.104 Layout funzionale edificio 3	155	Figura 3.145 Sezione longitudinale B - B edificio 2	196
Figura 3.105 Circolazione parte 1 edificio 2	156	Figura 3.146 Sezione longitudinale C - C edificio 2	197
Figura 3.106 Circolazione parte 1 edificio 3	157	Figura 3.147 Sezione longitudinale D - D edificio 2	198
Figura 3.107 Circolazione percorsi edificio 2 mensa	158	Figura 3.148 Render 1	199
Figura 3.108 Circolazione percorsi edificio 2 centro di formazione	159	Figura 3.149 Render 2	199
Figura 3.109 Circolazione percorsi edificio 3 infopoint - laboratori di cucina	160	Figura 3.150 Render 3	199
Figura 3.110 Circolazione percorsi edificio 2 associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi	161	Figura 3.151 Render 4	199
Figura 3.111 Circolazione percorsi edificio 3 mercato frutta, verdura e semi - mercato fiori e piante	162		
		CAPITOLO 4	
		Figura 4.1 Radiazione solare	202
		Figura 4.2 Grafici temperatura annuale	203
		Figura 4.3 Temperature mensili di design	203
		Figura 4.4 Valori meteorologici diurni	203
		Figura 4.5 Valori di umidità relativa	204
		Figura 4.6 Rosa dei venti annuale (frequenza/distribuzione)	204
		Figura 4.7 Velocità raggiunte dal vento nel mese considerato	204
		Figura 4.8 Rosa annuale dei venti (velocità del vento)	205
		Figura 4.9 Rosa annuale dei venti mensile	205

Figura 4.10 Diagramma psicrometrico di Rio de Janeiro con varie zone di comfort termo-igrometrico.		
Figura 4.11 Shadow analysis annuale di Rocinha.		
Figura 4.12 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 10.		
Figura 4.13 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 16.		
Figura 4.14 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 12.		
Figura 4.15 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 18.		
Figura 4.16 Solstizio d'inverno _21 giugno _ ore 18.		
Figura 4.17 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 10.		
Figura 4.18 Solstizio d'inverno _21 giugno _ intervallo ore 10/ore 18.		
Figura 4.19 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 12.		
Figura 4.20 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 14.		
Figura 4.21 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 18.		
Figura 4.22 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 16.		
Figura 4.23 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ intervallo ore 10/ore 18.		
Figura 4.24 Shadow Analysis pre-intervento _ giugno_ intervallo ore 09/ ore 15.		
Figura 4.25 Shadow Analysis pre-intervento _ dicembre_ intervallo ore 09/ ore 15.		
Figura 4.26 Shadow Analysis post-intervento _ giugno_ intervallo ore 09/ ore 15.		
Figura 4.27 Shadow Analysis post-intervento- dicembre_ intervallo ore 09/ ore 15.		
Figura 4.28 Sunpath analysis periodo invernale 21 giugno-20 settembre, giorno 26 agosto, ore 08.		
Figura 4.29 Sunpath analysis periodo primaverile 21 settembre-20 dicembre, giorno 22 ottobre, ore 08.		
Figura 4.30 Sunpath analysis periodo autunnale 19 marzo-20 giugno, giorno 21 aprile, ore 08.		
Figura 4.31 Sunpath analysis periodo estivo 21 dicembre-20 marzo, giorno 23 febbraio, ore 08.		
Figura 4.32 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.33 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.34 Stratigrafia C.O. 01 Sezione verticale.		
Figura 4.35 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.36 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.37 Stratigrafia C.O. 02 Sezione verticale.		
Figura 4.38 Stratigrafia C.O. 03 Sezione verticale.		
Figura 4.39 Stratigrafia C.O. 04 Sezione verticale.		
Figura 4.40 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.41 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.42 Stratigrafia C.O. 05 Sezione verticale.		
Figura 4.43 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.44 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.45 Stratigrafia C.O. 06 Sezione verticale.		
Figura 4.46 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.47 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.48 Stratigrafia C.O. 07 Sezione verticale.		
Figura 4.49 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.50 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.51 Stratigrafia C.O. 08 Sezione verticale.		
Figura 4.52 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.53 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
Figura 4.54 Stratigrafia C.O. 09 Sezione verticale.		
Figura 4.55 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo).		
Figura 4.56 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo).		
206	Figura 4.57 Stratigrafia C.V. 01 Sezione verticale	218
	Figura 4.58 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)	218
207	Figura 4.59 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)	218
208	Figura 4.60 Stratigrafia C.V. 01 Sezione verticale	218
208	Figura 4.61 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)	219
208	Figura 4.62 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)	219
208	Figura 4.63 Stratigrafia C.V. 02 Sezione verticale	219
209	Figura 4.64 Stratigrafia C.V. 04 Sezione verticale	219
209	Figura 4.65 Stratigrafia P.V. 01 Sezione verticale	219
209	Figura 4.66 Stratigrafia C.V. 03 Sezione verticale	219
209	Figura 4.67 Stratigrafia C.V. 04 Sezione verticale	220
210	Figura 4.68 Stratigrafia P.V. 01 Sezione verticale	220
210	Figura 4.69 Stratigrafia P.V. 02 Sezione verticale	221
210	Figura 4.70 Sezione longitudinale e sezione trasversale con evidenziazione dei nodi	222
210	Figura 4.71 Nodo 1	223
211	Figura 4.72 Nodo 2	224
211	Figura 4.73 Nodo 3	225
211	Figura 4.74 Nodo 4	226
211	Figura 4.75 Nodo 5	227
212	Figura 4.76 Nodo 6	228
	Figura 4.77 Nodo 7	229
212	Figura 4.78 Nodo 8	230
	Figura 4.79 Nodo 9	231
212	Figura 4.80 Pianta antincendio infopoint - laboratori di cucina	233
	Figura 4.81 Pianta antincendio sede associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi	234
212	Figura 4.82 Pianta antincendio mercato frutta e verdura - mercato piante e fiori	235
	Figura 4.83 Pianta antincendio area per il churrasco	236
214	Figura 4.84 Pianta antincendio mensa	237
214	Figura 4.85 Pianta antincendio centro di formazione	238
214	Figura 4.86 Dalighting factor mensa senza sistema di oscuramento	240
214	Figura 4.87 Dalighting factor mensa con sistema di oscuramento	240
214	Figura 4.88 Dalighting factor centro di formazione senza sistema di oscuramento	241
214	Figura 4.89 Dalighting factor centro di formazione con sistema di oscuramento	241
215	Figura 4.90 Dalighting factor infopoint e laboratori di cucina	242
215	Figura 4.91 Dalighting factor associazione "Il sorriso dei miei bimbi"	242
215	Figura 4.92 Dalighting factor mercato frutta e verdura	243
215	Figura 4.93 Illuminamento (lux) mensa	243
215	Figura 4.94 Illuminamento (lux) centro di formazione	244
216	Figura 4.95 Illuminamento (lux) associazione "Il sorriso dei miei bimbi"	244
216	Figura 4.96 Illuminamento (lux) associazione "Il sorriso dei miei bimbi"	245
216	Figura 4.97 Illuminamento (lux) mercato frutta e verdura	245
216	Figura 4.98 Cross ventilation edificio esempio	247
216	Figura 4.99 Cross ventilation pianta esempio, corretto a sinistra, errato a destra	247
216	Figura 4.100 Lato Nord	248
217	Figura 4.101 Lato Est	248
217	Figura 4.102 Lato Sud	248
217	Figura 4.103 Lato Ovest	248
217	Figura 4.104 Energia solare incidente su ampie zone verdi	249
217	Figura 4.105 Energia solare riflessa ed assorbita dalle pareti degli edifici con aumento del calore	249
217	Figura 4.106 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello 1 - dx edificio 3, modello 1	250
218	Figura 4.107 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello 2 - dx edificio 3, modello 2	250
218	Figura 4.108 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello finale - dx edificio 3, modello finale	250

Figura 4.109 Contributi ai consumi, edificio 3		
Figura 4.110 Istogramma dei consumi, edificio 3		
Figura 4.111 Contributi ai consumi, edificio 3		
Figura 4.112 Istogramma dei consumi, edificio 2		
Figura 4.113 Grafico degli usi, edificio 3		
Figura 4.114 Grafico degli usi, edificio 2		
Figura 4.115 Energy Use, caso 1, edificio 3		
Figura 4.116 Energy use, caso 2, edificio 2		
Figura 4.117 Energy Use, caso 3, edificio 3		
Figura 4.118 Energy use, caso 4, edificio 2		
Figura 4.119 Energy Use, caso 3, edificio 3		
Figura 4.120 Energy Use, caso 4, edificio 2		
Figura 4.121 Kg di CO2 prodotti, caso 3, edificio		
Figura 4.122 Kg di CO2 prodotti, caso 4, edificio 2		
CAPITOLO 5		
Figura 5.1 Bacino principale di Sao Conrado diviso in bacini di drenaggio, Prefetura di Rio de Janeiro		
Figura 5.2 Massimo livello di pioggia in 1 h, Relatorio anual de chuva pe a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2013		
Figura 5.3 Esempio di idrogramma di piena conseguente ad evento meteorico		
Figura 5.4 Sottobacino 3A' situato all'interno del bacino 3A		
Figura 5.5 Sistema di drenaggio e relative superfici afferenti edificio 3		
Figura 5.6 Sistema di drenaggio e relative superfici afferenti edificio 2		
Figura 5.7 Sezione longitudinale del sistema di condotte interrato che compone la nuova rete di drenaggio delle acque		
Figura 5.8 Tipologia cisterna interrata utilizzata		
Figura 5.9 Schema di funzionamento del sistema di recupero dell'acqua piovana		
Figura 5.10 Elettropompa sommersa utilizzata		
Figura 5.11 Sezione longitudinale interno della cisterna		
Figura 5.12 Sezione trasversale interno della cisterna		
Figura 5.13 Vista dall'alto		
CAPITOLO 6		
Figura 6.1 Pendio situato sopra l'area di progetto		
Figura 6.2 Terreno dentro l'area di progetto		
Figura 6.3 Terreno dentro l'area di progetto		
Figura 6.4 Mappa del rischio idrogeologico di Rocinha, Prefetura de Rio de Janeiro		
Figura 6.5 Condizioni di stabilità del blocco		
Figura 6.6 Profilo verticale del pendio		
Figura 6.7 Blocco con fessure		
Figura 6.8 Blocco calcolo pressione U		
Figura 6.9 Blocco con forze applicate		
Figura 6.10 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale		
Figura 6.11 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale		
Figura 6.12 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale		
Figura 6.13 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale		
Figura 6.14 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale		
Figura 6.15 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale		
251	Figura 6.16 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale	286
251	Figura 6.17 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale	287
251	Figura 6.18 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale	288
251	Figura 6.19 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale	289
251	Figura 6.20 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale	290
251	Figura 6.21 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale	291
252	Figura 6.22 Tirante con trefoli applicato al versante	293
252	CAPITOLO 7	
252		
252	Figura 7.1 Schema di approvvigionamento dei blocchi Replast al cantiere	297
253	Figura 7.2 Schema di approvvigionamento dei blocchi forati e dell'intonaco al cantiere	298
253	Figura 7.3 Schema di funzionamento della macchina di produzione dei blocchi Replast	299
253	Figura 7.4 Trakker per il trasporto del container High cube	299
	Figura 7.5 Autocarro utilizzato per il trasporto dei materiali	300
	Figura 7.6 Montacarichi per sollevamento di persone e materiali	300
	Figura 7.7 Transpallet manuale	300
256	Figura 7.8 Betoniera manuale a bicchiere con	301
	Figura 7.9 Argano a bandiera con alimentazione a scoppio	301
257	Figura 7.10 Troncatrice a disco diamantato	301
	Figura 7.11 Chiusure trasparenti	303
259	Figura 7.12 Ponte su cavalletti	304
261	Figura 7.13 Trabattello	304
261	Figura 7.14 Parapetto di cantiere	304
262	Figura 7.15 DPI per la protezione dalla caduta accidentale dall'alto	304
263	Figura 7.16 Convogliatore per rifiuti	304
	Figura 7.17 Blocco riciclato Replast	306
267	Figura 7.18 Macchina di produzione Replast	306
269	Figura 7.19 Ciclo di funzionamento macchina di produzione Replast	307
273	Figura 7.20 Mattone forato facciavista	308
273	Figura 7.21 Mattone forato per tamponamento	308
273	Figura 7.22 Intonaco di fondo	310
273	Figura 7.23 Intonaco protettivo antincendio di finitura	310
	Figura 7.24 Layout di cantiere relativo al piano terreno dell'edificio 2, fase I	314
	Figura 7.25 Sezione longitudinale dell'edificio 2, fase I di posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva	315
276	dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva fino al livello terreno	
276	Figura 7.26 Layout di cantiere relativo al piano primo dell'edificio 2, fase I	316
276	di posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva	
277	Figura 7.27 Sezione longitudinale dell'edificio 2, fase I di posa in opera	317
278	dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva fino al livello primo	
279	Figura 7.28 Illustrazione dello scarico dei blocchi Replast, fase I	319
279	Figura 7.29 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase II	319
279	Figura 7.30 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase III	319
279	Figura 7.31 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase IV	319
280	Figura 7.32 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase V	319
281	Figura 7.33 Illustrazione dello scarico dei mattoni forati, fase I	320
282	Figura 7.34 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase II	320
283	Figura 7.35 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase III	320
284	Figura 7.36 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase IV	320
285	Figura 7.37 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase V	320

TABELLE

Figura 7.38 Illustrazione dello scarico dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase I	320	CAPITOLO 1	
Figura 7.39 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase II	320		
Figura 7.40 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase III	321	Tabella 1.1 Linea del tempo dello sviluppo economico del Brasile	34
Figura 7.41 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase IV	321	Tabella 1.2 Temperatura; 1.3 Ora solare; 1.4 Umidità relativa; 1.5 Precipitazioni;	39
Figura 7.42 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase V	321	1.6 Giorni di pioggia Fonte: INMET, Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br)	39
Figura 7.43 Illustrazione delle fasi di montaggio della betoniera a bicchiere manuale, fase I	322	Tabella 1.7 Rosa dei venti	39
Figura 7.44 Illustrazione della movimentazione del materiale verso la betoniera, fase II	323	Tabella 1.8 Velocità del vento	39
Figura 7.45 Illustrazione dell'immissione della malta o intonaco all'interno della betoniera, fase II	323		
Figura 7.46 Illustrazione dell'immissione della malta o intonaco all'interno della betoniera, fase III	323	CAPITOLO 2	
Figura 7.47 Illustrazione della preparazione dell'impasto con rotazione del bicchiere, fase IV	323		
Figura 7.48 Illustrazione dello sversamento dell'im-pasto dal bicchiere della betoniera, fase V	323	Tabella 2.1 che mostra Popolazione, Famiglie, Abitanti per Famiglia, Area e Densità	46
Figura 7.49 Illustrazione delle operazioni di pulitura, fase V	323	Demografica delle comunità di Rocinha UPP e della Municipalità di Rio de Janeiro.	
Figura 7.50 Illustrazione delle fasi di pulitura del piano di posa della muratura, fase I	324	Tabella 2.2 che mostra le percentuali di età di Rocinha UPP, R.A. Lagoa e Rio de Janeiro	46
Figura 7.51 Illustrazione delle fasi di tracciamento del piano di posa della futura muratura, fase II	324	Tabella 2.3 Le fasi IMM_fonte: immdesignlab.com	55
Figura 7.52 Illustrazione delle fasi di posa della colla adesiva bicomponente, fase III	325	Tabella 2.4 Procedura della suddivisione (Le formule sono ancora in via di definizione)	57
Figura 7.53 Illustrazione della movimentazione dei blocchi Replast nella posizione finale, fase III	325	_fonte: immdesignlab.com	
Figura 7.54 Illustrazione della fase di posa dei blocchi Replast, fase III	325	Tabella 2.5 Procedura della suddivisione (Le formule sono ancora in via di definizione)	67
Figura 7.55 Illustrazione della fase di posa dei blocchi Replast, fase III	325	_fonte: immdesignlab.com	
Figura 7.56 Illustrazione della fase di posa della malta di allettamento, fase III	326	Tabella 2.6 Sovrapposizione dei livelli; il Second Level of Superimposition (SLS)	82
Figura 7.57 Illustrazione della fase di posa dei mattoni (0,18x0,18x0,33)m per il Cobogò, fase III	326	crea i determinanti per definire una città dal punto di vista morfologico,	
Figura 7.58 Illustrazione della posa dei mattoni (0,12x0,18x0,33)m per i tamponamenti, fase III	326	tipologico e Tecnologico_fonte: immdesignlab.com	
Figura 7.59 Illustrazione della posa degli elementi murari in quota, da ponte su cavalletti, fase III	326	Tabella 2.7 DOP (Ordering Design Principles)_fonte: immdesignlab.com	87
Figura 7.60 Illustrazione della fase di montaggio del gruppo di taglio, fase I	327		
Figura 7.61 Illustrazione della fase di montaggio del disco, fase II	327	CAPITOLO 3	
Figura 7.62 Illustrazione della fase di rifornimento della troncatrice, fase III	328		
Figura 7.63 Illustrazione dell'avviamento della troncatrice, fase III	328	Tabella 3.1 Età del campione intervistato	121
Figura 7.64 Illustrazione della fase di taglio dei blocchi Replast, fase IV	328	Tabella 3.2 Funzioni richieste	121
Figura 7.65 Illustrazione della fase di taglio dei mattoni forati di tipo 1 e tipo 2, fase IV	328	Tabella 3.3 Funzioni disponibili	121
Figura 7.66 Illustrazione della fase di taglio dei mattoni forati di tipo 1 e tipo 2, fase IV	328	Tabella 3.4 Accesso all'acqua pulita	121
Figura 7.67 Illustrazione della fase di realizzazione delle fasce di riferimento per l'intonaco, fase I	329	Tabella 3.5 Persone che vivono in casa	121
Figura 7.68 Illustrazione della fase di posa della prima parte dell'intonaco di fondo, fase II	330	Tabella 3.6 Tipologia di copertura desiderata	121
Figura 7.69 Illustrazione della fase di posa della rete di rinforzo, fase III	330	Tabella 3.7 Sondaggio governativo	122
Figura 7.70 Illustrazione della fase di posa della seconda parte di intonaco di fondo, fase IV	330	Tabella 3.8 Sondaggio governativo	123
Figura 7.71 Illustrazione della fase di posa della prima parte di intonaco di finitura, fase V	330	Tabella 3.9 Calcolo superfici e volumetrie rimosse	128
Figura 7.72 Illustrazione della fase di posa della seconda parte di intonaco di finitura posto a ricoprimento della rete-porta intonaco, fase V	330	Tabella 3.10 Calcolo superfici e volumetrie aggiunte	128
		Tabella 3.11 Funzioni esistenti pre-intervento	130
		Tabella 3.12 Funzioni nuove post-intervento	130
CAPITOLO 8			
Figura 8.1 Combinazioni di carico dei solai: caso 1a ed 1b	336	CAPITOLO 4	
Figura 8.2 Combinazioni di carico dei solai: caso 2a e 2b	336		
Figura 8.3 Combinazioni di carico dei solai: caso 3a e 3b	336	Tabella 4.1 Stratigrafia C.O. 01 Sezione verticale	214
Figura 8.4 Schemi d'involuppo dei solai	337	Tabella 4.2 Stratigrafia C.O. 02 Sezione verticale	214
Figura 8.5 Sezioni critiche 1	340	Tabella 4.3 Stratigrafia C.O. 03 Sezione verticale	215
Figura 8.6 Sezioni critiche 2	340	Tabella 4.4 Stratigrafia C.O. 04 Sezione verticale	215
Figura 8.6 Sezioni critiche 3	340	Tabella 4.5 Stratigrafia C.O. 05 Sezione verticale	215
Figura 8.8 Diagramma del plinto	359	Tabella 4.6 Stratigrafia C.O. 06 Sezione verticale	216
Figura 8.9 Disposizione dei ferri	361	Tabella 4.7 Stratigrafia C.O. 07 Sezione verticale	216
		Tabella 4.8 Stratigrafia C.O. 08 Sezione verticale	217
		Tabella 4.9 Stratigrafia C.O. 09 Sezione verticale	217
		Tabella 4.10 Stratigrafia C.V. 01 Sezione verticale	218
		Tabella 4.11 Stratigrafia C.V. 01 con oscuramento Sezione verticale	218

<i>Tabella 4.12 Stratigrafia C.V. 02 Sezione verticale</i>	219	<i>Tabella 8.13 Dati Edificio Nord: copertura 1</i>	338
<i>Tabella 4.13 Stratigrafia C.V. 03 Sezione verticale</i>	219	<i>Tabella 8.14 Dati Edificio Nord: copertura 2</i>	338
<i>Tabella 4.14 Stratigrafia C.V. 04 Sezione verticale</i>	220	<i>Tabella 8.15 Dati Edificio Nord: copertura 3</i>	338
<i>Tabella 4.15 Stratigrafia P.V. 01 Sezione verticale</i>	220	<i>Tabella 8.16 Dati Edificio Nord: copertura 4</i>	338
<i>Tabella 4.16 Stratigrafia P.V. 02 Sezione verticale</i>	221	<i>Tabella 8.17 Dati Edificio Nord: interpiano 2</i>	338
		<i>Tabella 8.18 Dati Edificio Nord: interpiano 3</i>	338
		<i>Tabella 8.19 Dati Edificio Nord: interpiano 4</i>	338
		<i>Tabella 8.20 Dati Edificio Sud: copertura</i>	338
	257	<i>Tabella 8.21 Dati Edificio Sud: interpiano</i>	338
	258	<i>Tabella 8.22 Dati Edificio Nord: armatura copertura 1</i>	339
		<i>Tabella 8.23 Dati Edificio Nord: armatura copertura 2</i>	339
	259	<i>Tabella 8.24 Dati Edificio Nord: armatura copertura 3</i>	339
		<i>Tabella 8.25 Dati Edificio Nord: armatura copertura 4</i>	339
	260	<i>Tabella 8.26 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 2</i>	339
	260	<i>Tabella 8.27 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 3</i>	339
	262	<i>Tabella 8.28 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 4</i>	339
	264	<i>Tabella 8.29 Dati Edificio Sud: armatura copertura</i>	339
	265	<i>Tabella 8.30 Dati Edificio Sud: armatura interpiano</i>	339
	266	<i>Tabella 8.31 Edificio Nord: verifica copertura 1 e 2; interpiano 2</i>	341
	266	<i>Tabella 8.32 Edificio Nord: verifica copertura 3 e 4; interpiano 3. Edificio Sud: verifica</i>	341
	267	<i>copertura ed interpiano</i>	
	270	<i>Tabella 8.33 Edificio Nord: verifica interpiano 4</i>	341
		<i>Tabella 8.34 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 1</i>	342
	271	<i>Tabella 8.35 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 1</i>	342
	271	<i>Tabella 8.36 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 2</i>	342
	272	<i>Tabella 8.37 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 2</i>	342
	272	<i>Tabella 8.38 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 3</i>	343
	272	<i>Tabella 8.39 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 3</i>	343
		<i>Tabella 8.40 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 4</i>	343
		<i>Tabella 8.41 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 4</i>	343
		<i>Tabella 8.42 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 2</i>	343
	278	<i>Tabella 8.43 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 2</i>	343
	293	<i>Tabella 8.44 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 3</i>	343
		<i>Tabella 8.45 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 3</i>	343
		<i>Tabella 8.46 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 4</i>	344
		<i>Tabella 8.47 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 4</i>	344
		<i>Tabella 8.48 Edificio Sud: verifica tensionale SLE rara copertura</i>	344
		<i>Tabella 8.49 Edificio Sud: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura</i>	344
	334	<i>Tabella 8.50 Edificio Sud: verifica tensionale SLE rara interpiano</i>	344
	334	<i>Tabella 8.51 Edificio Sud verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano</i>	344
	335	<i>Tabella 8.52 Valore per la verifica di fessurazione</i>	345
	335	<i>Tabella 8.53 Edificio Nord: momenti flettenti copertura ed interpiano 2 e 3</i>	345
	335	<i>Tabella 8.54 Edificio Nord: momenti flettenti copertura ed interpiano 4</i>	346
	335	<i>Tabella 8.55 Edificio Nord: momenti flettenti copertura 1</i>	346
	336	<i>Tabella 8.56 Edificio Sud: momenti flettenti copertura</i>	346
	336	<i>Tabella 8.57 Edificio Sud: momenti flettenti interpiano</i>	346
	337	<i>Tabella 8.58 Edificio Nord: assi neutri copertura ed interpiano 2 e 3</i>	347
	337	<i>Tabella 8.59 Edificio Nord: assi neutri copertura ed interpiano 4</i>	347
	337	<i>Tabella 8.60 Edificio Nord: assi neutri copertura 1</i>	347
	337	<i>Tabella 8.61 Edificio Sud: assi neutri copertura</i>	347

Tabella 8.62 Edificio Sud: assi neutri interpiano	347	Tabella 8.105 Resistenza di calcolo per compressione centrata	358
Tabella 8.63 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura ed interpiano 2 e 3	348	Tabella 8.106 Edificio Nord: area minima di calce-struzzo 1	358
Tabella 8.64 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura ed interpiano 4	348	Tabella 8.107 Edificio Nord: area minima di calce-struzzo 2 e 3	358
Tabella 8.65 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura 1	348	Tabella 8.108 Edificio Nord: area minima di calcestruzzo 4	358
Tabella 8.66 Edificio Sud: aree minime di acciaio copertura ed interpiano	348	Tabella 8.109 Edificio Sud: area minima di calcestruzzo	358
Tabella 8.67 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura ed interpiano 2 e 3	348	Tabella 8.110 Edificio Nord: pilastro di progetto 1	358
Tabella 8.68 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura ed interpiano 4	348	Tabella 8.111 Edificio Nord: pilastro di progetto 2 e 3	358
Tabella 8.69 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura 1	348	Tabella 8.112 Edificio Nord: pilastro di progetto 4	358
Tabella 8.70 Edificio Sud: aree richieste di acciaio copertura	348	Tabella 8.113 Edificio Sud: pilastro di progetto	358
Tabella 8.71 Edificio Sud: aree richieste di acciaio interpiano	348	Tabella 8.114 Edificio Nord: armatura di progetto 1	358
Tabella 8.72 Edificio Nord: armature copertura ed interpiano 2 e 3	349	Tabella 8.115 Edificio Nord: armatura di progetto 2 e 3	358
Tabella 8.73 Edificio Nord: armature copertura ed interpiano 4	349	Tabella 8.116 Edificio Nord: armatura di progetto 4	358
Tabella 8.74 Edificio Nord: armature copertura 1	349	Tabella 8.117 Edificio Sud: armatura di progetto	358
Tabella 8.75 Edificio Sud: armature copertura	349	Tabella 8.118 Edificio Nord: verifica della tensione 1	358
Tabella 8.76 Edificio Sud: armature interpiano	349	Tabella 8.119 Edificio Nord: verifica della tensione 2 e 3	358
Tabella 8.77 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura ed interpiano 2 e 3	349	Tabella 8.120 Edificio Nord: verifica della tensione 4	358
Tabella 8.78 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura ed interpiano 4	349	Tabella 8.121 Edificio Sud: verifica della tensione	358
Tabella 8.79 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura 1	349	Tabella 8.122 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 1	359
Tabella 8.80 Edificio Sud: verifica asse neutro copertura	350	Tabella 8.123 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 2 e 3	359
Tabella 8.81 Edificio Sud: verifica asse neutro interpiano	350	Tabella 8.124 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 4	359
Tabella 8.82 Edificio Nord: verifica momento copertura ed interpiano 2 e 3	350	Tabella 8.125 Edificio Sud: verifica dello sforzo assiale	359
Tabella 8.83 Edificio Nord: verifica momento copertura ed interpiano 4	350	Tabella 8.126 Edificio Nord: dati geometrici 1	359
Tabella 8.84 Edificio Nord: verifica momento copertura 1	350	Tabella 8.127 Edificio Nord: dati geometrici 4	359
Tabella 8.85 Edificio Sud: verifica momento copertura	351	Tabella 8.128 Edificio Sud: dati geometrici	359
Tabella 8.86 Edificio Sud: verifica momento interpiano	351	Tabella 8.129 Edificio Nord: predimensionamento 1	360
Tabella 8.87 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura ed interpiano 2 e 3	353	Tabella 8.130 Edificio Nord: predimensionamento 4	360
Tabella 8.88 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura ed interpiano 2 e 3	353	Tabella 8.131 Edificio Sud: predimensionamento	360
Tabella 8.89 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura 1	353	Tabella 8.132 Armature	360
Tabella 8.90 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura 1	353	Tabella 8.133 Edificio Nord: dati verifica 1	360
Tabella 8.91 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura ed interpiano 4	354	Tabella 8.134 Edificio Nord: dati verifica 4	360
Tabella 8.92 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura ed interpiano 4	354	Tabella 8.135 Edificio Sud: dati verifica	360
Tabella 8.93 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura	355	Tabella 8.136 Edificio Nord: verifica 1	360
Tabella 8.94 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura	355	Tabella 8.137 Edificio Nord: verifica 4	360
Tabella 8.95 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara interpiano	356	Tabella 8.138 Edificio Sud: verifica	360
Tabella 8.96 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente interpiano	356	Tabella 8.139 Edificio Nord: verifica di resistenza del cls 1	360
Tabella 8.97 Edificio Nord: carichi 1	357	Tabella 8.140 Edificio Nord: verifica di resistenza del cls 4	360
Tabella 8.98 Edificio Nord: carichi 2 e 3	357	Tabella 8.141 Edificio Sud: verifica resistenza cls	361
Tabella 8.99 Edificio Nord: carichi 4	357	Tabella 8.142 Edificio Nord: verifica resistenza al punzonamento 1	361
Tabella 8.100 Edificio Sud: carichi	357	Tabella 8.143 Edificio Nord: verifica resistenza al punzonamento 4	361
Tabella 8.101 Edificio Nord: azione assiale 1	357	Tabella 8.144 Edificio Sud: verifica resistenza al punzonamento	361
Tabella 8.102 Edificio Nord: azione assiale 2 e 3	357		
Tabella 8.103 Edificio Nord: azione assiale 4	357		
Tabella 8.104 Edificio Sud: azione assiale	357		

DOCUMENTI ALLEGATI

TAV. 01	IMM VOLUME	TAV. 34	PROSPETTO NORD EDIFICIO 2
TAV. 02	IMM VOID	TAV. 35	PROSPETTO SUD EDIFICIO 2
TAV. 03	IMM FUNCTION	TAV. 36	SEZIONE A-A EDIFICIO 2
TAV. 04	IMM TRANSPORTATION	TAV. 37	SEZIONE B-B EDIFICIO 2
TAV. 05	IMM POROSITY	TAV. 38	SEZIONE D-D EDIFICIO 2
TAV. 06	IMM PROXIMITY	TAV. 39	SEZIONE C-C EDIFICIO 2
TAV. 07	IMM DIVERSITY	TAV. 40	SEZIONE AMBIENTALE DI PROGETTO (A)
TAV. 08	IMM INTERFACE	TAV. 41	RENDERING 1
TAV. 09	IMM ACCESSIBILITY	TAV. 42	RENDERING 2
TAV. 10	IMM EFFECTIVENESS	TAV. 43	RENDERING 3
TAV. 11	CONCEPT PLAN	TAV. 44	BLOW UP
TAV. 12	MASTERPLAN 1000	TAV. 45	NODO 1
TAV. 13	MASTERPLAN 500	TAV. 46	NODO 2
TAV. 14	PIANTA PIANO TERRENO 1 EDIFICIO 3	TAV. 47	NODO 3
TAV. 15	PIANTA PIANO TERRENO 2 EDIFICIO 3	TAV. 48	NODO 4
TAV. 16	PIANTA PIANO TERRENO 3 EDIFICIO 3	TAV. 49	NODO 5
TAV. 17	PIANTA PIANO TERRENO 4 EDIFICIO 3	TAV. 50	NODO 6
TAV. 18	PIANTA PIANO TERRENO EDIFICIO 2	TAV. 51	NODO 7
TAV. 19	PIANTA PIANO PRIMO EDIFICIO 2	TAV. 52	NODO 8
TAV. 20	PIANTA COPERTURA EDIFICIO 3	TAV. 53	NODO 9
TAV. 21	PIANTA COPERTURA EDIFICIO 2	TAV. 54	PIANTA PIANO TERRENO 1 EDIFICIO 3 WF
TAV. 22	PROSPETTO OVEST EDIFICIO 3	TAV. 55	PIANTA PIANO TERRENO 2 EDIFICIO 3 WF
TAV. 23	PROSPETTO EST EDIFICIO 3	TAV. 56	PIANTA PIANO TERRENO 3 EDIFICIO 3 WF
TAV. 24	PROSPETTO SUD EDIFICIO 3	TAV. 57	PIANTA PIANO TERRENO 4 EDIFICIO 3 WF
TAV. 25	PROSPETTO NORD EDIFICIO 3	TAV. 58	PIANTA PIANO TERRENO EDIFICIO 2 WF
TAV. 26	SEZIONE AMBIENTALE DELLO STATO DI FATTO (A)	TAV. 59	PIANTA PIANO PRIMO EDIFICIO 2 WF
TAV. 27	SEZIONE F-F EDIFICIO 3	TAV. 60	DAYLIGHTING NO SHADING PIANO TERRENO EDIFICIO 2
TAV. 28	SEZIONE E-E EDIFICIO 3	TAV. 61	DAYLIGHTING CON SHADING PIANO TERRENO EDIFICIO 2
TAV. 29	SEZIONE G-G- EDIFICIO 3	TAV. 62	DAYLIGHTING NO SHADING PIANO PRIMO EDIFICIO 2
TAV. 30	SEZIONE H-H EDIFICIO 3	TAV. 63	DAYLIGHTING CON SHADING PIANO PRIMO EDIFICIO 2
TAV. 31	SEZIONE I-I EDIFICIO 3	TAV. 64	DAYLIGHTING PIANO TERRENO 1 EDIFICIO 3
TAV. 32	PROSPETTO OVEST EDIFICIO 2	TAV. 65	DAYLIGHTING PIANO TERRENO 2 EDIFICIO 3
TAV. 33	PROSPETTO EST EDIFICIO 2	TAV. 66	DAYLIGHTING PIANO TERRENO 3 EDIFICIO 3

TAV. 67 ILLUMINAMENTO PIANO TERRENO EDIFICIO 2
TAV. 68 ILLUMINAMENTO PIANO PRIMO EDIFICIO 2
TAV. 69 ILLUMINAMENTO PIANO TERRENO 1 EDIFICIO 3
TAV. 70 ILLUMINAMENTO PIANO TERRENO 2 EDIFICIO 3
TAV. 71 ILLUMINAMENTO PIANO TERRENO 3 EDIFICIO 3
TAV. 72 PIANTA SISTEMA DI DRENAGGIO EDIFICIO 3
TAV. 73 PIANTA SISTEMA DI DRENAGGIO EDIFICIO 2
TAV. 74 SEZIONE AMBIENTALE DELLA RETE DI DRENAGGIO (A)
TAV. 75 LAYOUT DI CANTIERE POSA BLOCCHI FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 76 SEZIONE POSA BLOCCHI FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 77 LAYOUT DI CANTIERE POSA BLOCCHI FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 78 SEZIONE POSA BLOCCHI FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 79 LAYOUT DI CANTIERE POSA BLOCCHI FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 80 SEZIONE POSA BLOCCHI FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 81 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 82 SEZIONE POSA TAMPONAMENTI FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 83 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 84 SEZIONE POSA TAMPONAMENTI FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 85 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 86 SEZIONE POSA TAMPONAMENTI FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 87 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 4 EDIFICIO 3
TAV. 88 SEZIONE POSA TAMPONAMENTI FASE 4 EDIFICIO 3
TAV. 89 LAYOUT DI CANTIERE POSA INTONACO FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 90 SEZIONE POSA INTONACO FASE 1 EDIFICIO 3
TAV. 91 LAYOUT DI CANTIERE POSA INTONACO FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 92 SEZIONE POSA INTONACO FASE 2 EDIFICIO 3
TAV. 93 LAYOUT DI CANTIERE POSA INTONACO FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 94 SEZIONE POSA INTONACO FASE 3 EDIFICIO 3
TAV. 95 LAYOUT DI CANTIERE POSA BLOCCHI FASE 1 EDIFICIO 2
TAV. 96 LAYOUT DI CANTIERE POSA BLOCCHI FASE 2 EDIFICIO 2
TAV. 97 SEZIONI POSA BLOCCHI FASI 1 E 2 EDIFICIO 2
TAV. 98 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 1 EDIFICIO 2
TAV. 99 LAYOUT DI CANTIERE POSA TAMPONAMENTI FASE 2 EDIFICIO 2

TAV. 100 SEZIONI POSA TAMPONAMENTI FASI 1 E 2 EDIFICIO 2
TAV. 101 LAYOUT DI CANTIERE POSA INTONACO FASE 1 EDIFICIO 2
TAV. 102 LAYOUT DI CANTIERE POSA INTONACO FASE 2 EDIFICIO 2
TAV. 103 SEZIONI POSA INTONACO FASI 1 E 2 EDIFICIO 2
TAV. 104 3D STRUTTURALE EDIFICIO 3
TAV. 105 PIANTE STRUTTURALI 1 EDIFICIO 3
TAV. 106 PIANTE STRUTTURALI 2 EDIFICIO 3
TAV. 107 PIANTE STRUTTURALI 3 EDIFICIO 3
TAV. 108 PIANTE E SEZIONI STRUTTURALI EDIFICIO 3
TAV. 109 SEZIONI STRUTTURALI 1 EDIFICIO 3
TAV. 110 SEZIONE STRUTTURALE 2 EDIFICIO 3
TAV. 111 DETTAGLI STRUTTURALI EDIFICIO 3
TAV. 112 3D STRUTTURALE EDIFICIO 2
TAV. 113 PIANTE STRUTTURALI EDIFICIO 2
TAV. 114 PIANTE E SEZIONI STRUTTURALI EDIFICIO 2
TAV. 115 SEZIONI E DETTAGLI STRUTTURALI EDIFICIO 2

RINGRAZIAMENTI

I miei ringraziamenti vanno innanzitutto ai docenti che mi hanno seguito con pazienza in questo lungo e difficile percorso, in particolare vorrei riferirmi al relatore del presente lavoro, il Prof. Gabriele Masera, che non mi ha mai fatto mancare il suo puntuale e concreto supporto morale, oltre che tecnico, permettendomi di misurare le mie forze e capacità in questo percorso insidioso e impegnativo, con un orientamento costante e paziente al miglioramento qualitativo di quanto proposto e al Prof. Massimo Tadi che ha guidato la prima parte del lavoro.

Ai Prof. Borsani, Poggioli, Villa, Calvetti, Zani e Sesana che mi hanno assistito e consigliato per le rispettive parti di competenza, vanno i miei ringraziamenti.

Grazie alla mia famiglia per il continuo sostegno morale, senza il quale non avrei mai potuto raggiungere il traguardo di completare i miei studi, a mio padre Maurizio, che ha sempre creduto in me, incoraggiandomi nei momenti di sconforto, con la sua calma ed il suo senso dell'umorismo che rendevano ciò che ai miei occhi appariva insormontabile, raggiungibile; a mia madre Eleonora, la cui presenza costante e vicinanza sono stati fondamentali per trovare ogni giorno la forza di lottare con caparbia e resilienza; un grazie immenso va a mio fratello Loris e alla fidanzata Marianna, che durante le revisioni con i docenti, mi hanno sempre accolto con il sorriso facendomi sentire a casa.

Ringrazio inoltre con immenso affetto Aldo e Rosa, per la loro vicinanza costante, purtroppo non sono presenti in questo giorno importante, a causa della malattia; la forza e la fede con cui affrontano la difficile realtà di ogni giorno, senza perdere la speranza, rappresentano un esempio di attaccamento alla vita che mi ha aiutato tantissimo e che porterò sempre nel mio cuore.

Un grazie speciale va a Maria, la mia ragazza, che è stata al mio fianco nei momenti più frenetici, ascoltandomi quando ne avevo più bisogno, ed incoraggiandomi a fare sempre il massimo affinché, tramite questa realizzazione, potessi sentirmi finalmente gratificato.

Grazie al team "Polimi Por Rocinha", con il quale ho realizzato la prima parte di questa tesi (fino all'analisi IMM e definizione del piano generale): Federico Cribiù, Roberto Martinelli, Chiara Naro, Eleonora Ravagli, Veronica Muffatti, Marta Giordano e il Prof. Massimo Tadi con gli assistenti M.Hadi Mohammad Zadeh.

A Gianfelice, Stefano, Gabriele e Fabio, i miei migliori amici, va un grazie speciale per aver creduto in me ed avermi sempre supportato.

Infine, ringrazio tutte le persone dell'Università UFRJ, che hanno collaborato affinché questo lavoro potesse compiersi.

ABSTRACT

Le favelas dell'America Latina rappresentano le più significative forme di crescita urbana che interessano i paesi in via di sviluppo, per lungo tempo considerate delle realtà marginali e temporanee senza valore; questo approccio ha contribuito alla nascita di una vera e propria emergenza sociale, dove segregazione e pregiudizio sono dominanti e si contrappongono alla città istituzionale.

Il governo brasiliano preso atto del fatto che questi insediamenti, inizialmente concepiti come temporanei, hanno assunto carattere di permanenza urbana, sta incoraggiando delle politiche sociali ed abitative che prevedono l'integrazione ed il riconoscimento politico scatenando un dibattito internazionale sulle strategie più efficaci da attuare. Nonostante la nuova sensibilità politica e sociale che ha imposto questo spunto di riflessione sulle favelas, le dinamiche morfologico-architettoniche di questi insediamenti restano poco conosciute; conoscenze frammentate e superficiali impediscono di comprendere quale sia il vero potenziale di questi luoghi.

Queste strutture complesse si contraddistinguono per il loro moto perpetuo, per una logica cinetica che si legge nelle architetture di cui si compongono, pensate per soddisfare l'esistenza quotidiana in maniera assolutamente pragmatica, che si riflette nella scelta dei materiali, delle tecniche costruttive e delle logiche aggregative, assecondando uno scenario urbano in continua trasformazione.

Le regole interne di queste realtà ed i codici che esse incorporano, direttamente scaturiti da esigenze reali, lasciano intravedere che vi sia un preciso ordine, molto più di quanto possa esprimere la superficiale categorizzazione di "luoghi del caos e dell'irrazionalità", alla quale spesso sono ascritti.

Operativamente si è agito utilizzando l'IMM (*integrated modification methodology*), una metodologia replicabile e ben consolidata, la cui efficacia è stata per la prima volta testata all'interno di una favela. Questo metodo ha permesso di eseguire un'analisi sul territorio, la cui validità, tramite il processo di retrofitting, può essere accertata.

L'indagine ha permesso di individuare le seguenti criticità: la mancanza di *voids* (catalizzatore orizzontale) causata dall'elevatissima densità urbana e un *interface* debole (sovrapposizione di *voids* + *transportation*, individuato come catalizzatore verticale), e di operare all'interno di Rocinha secondo una strategia che prevede la ricollocazione di edifici ad uno o due piani al di sopra di quelli limitrofi implementando le connessioni ed i nuovi spazi per la comunità ed ottenendo un incremento dei vuoti a disposizione.

Infine l'analisi IMM svolta ha consentito di individuare sei aree di intervento dove, grazie al retrofitting, si è riscontrato un miglioramento della situazione dopo gli interventi. Alla scala locale, per la specifica area di progetto assegnata, si sono sviluppati, dal punto di vista architettonico-ingegneristico, due edifici, realizzati con materiali semplici e sostenibili con basso contenuto tecnologico, per i quali è risultato prioritario l'impiego, per quanto possibile, di sistemi energetici passivi, utili a mitigare l'impatto sul comfort degli ambienti, delle forzanti climatiche del sito. Gli edifici di progetto ospitano funzioni con prerogativa socio-educativa, tale impegno progettuale si rafforza tramite il riuso di materiali di scarto e l'accumulo di acqua piovana, con il successivo impiego all'interno degli edifici di progetto, sensibilizzando la comunità al rispetto dell'ambiente e al razionale utilizzo delle risorse a disposizione.

La realizzazione di un adeguato sistema di drenaggio che possa garantire il deflusso controllato delle acque e la stabilizzazione dei versanti rientrano tra le iniziative di progetto che accrescono il senso di sicurezza degli abitanti.

L'intervento propone il ricorso all'autocostruzione, per la quale è indispensabile che la comunità unisca le forze partecipando alla scelta degli elementi, dalla progettazione alla realizzazione finale. Il ricorso diffuso al riuso di ciò che la favela considera un rifiuto privo di utilità vi conferisce nuova vita, abbattendo i costi complessivi di realizzazione e ripulendo automaticamente l'ambiente in cui essa vive, consegnando alle future generazioni l'opportunità di un riscatto sociale e la speranza di una vita migliore.

ABSTRACT

Latin America's favelas are the prime example of urban growth among developing countries. Since they have been considered a marginal and temporary urban context without inherent value, they have become a social crisis, where social segregation and prejudice are dominant and in stark opposition to the urban authorities.

Ever since it became evident that these settlement, while born as temporary, have evolved into a permanent urban reality, the Brazilian government encouraged social integration policies and engaged in a political debate at international level, following these realities' recognition. However, even though these the favelas' visibility is increasing, the architectural and morphological dynamics of these settlements is still largely unknown, with often superficial and fragmented knowledge that prevents a true understanding of these places' potential.

The complex systems are always in motion, following a kinetic logic that can be read in its architecture. These were built to satisfy the inhabitants' everyday needs with blunt pragmatism, which can be seen in the use of materials, the construction techniques and aggregation choices, all of which follow the ever-changing urban context.

Despite their reputation as "places of chaos and irrationality", these urban realities possess their own rules and regulations, which descended from real necessities; thereby creating a non-standard, but orderly urban context.

To properly analyse Rocinha, the IMM (Integrated Modification Methodology) has been used, a replicable and consolidated urban analysis tool. It is the first time such methodology has been applied to a favela. This tool also allows to check its own results using the retrofitting process.

The analysis pointed out the following issues: the lack of Voids (horizontal catalyst) caused by an extremely dense urban environment and a weak Interface (Voids and Transportation superimposition, the vertical catalyst); thus, operating within Rocinha following a strategy of re-collocating one and two-storey building upon adjacent ones, consequently creating new connections and spaces for social interaction, increasing the available Voids as well.

Finally, the IMM analysis allowed to define six intervention areas where, following the strategy implementation, an increased performance of the urban space has been found, thanks to retrofitting.

At the local scale, specifically within the project area, from an architectural and engineering point-of-view, two new buildings have been designed. The two of them built with poor yet sustainable materials, as well as simple technological solutions, the latter of which employ, as much as possible, passive strategies, as to mitigate the environmental impact.

The two buildings house primarily socio-educational activities, a commitment reinforced by the usage of recycled materials and rainwater reuse, both of which find use in the buildings' systems, raising the community awareness of the natural environment and the reuse of its resources.

Among the project main objectives is the construction of a new waste water management system to better guarantee water drainage and soil stability, both of which increase the inhabitants' security.

The intervention further introduces the use of auto-construction, to maximise community engagement and participation to the project's success. Moreover, the strategy of recycle grants new life to those products the favela considers waste, reducing not only the monetary cost of the intervention, but also the amount of waste throughout the urban environment, ushering a better future for Rocinha's new generations.



INTRODUZIONE



Figura 1.1 Rocinha dall'alto. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016.

1 Introduzione

Rocinha, la Favela più grande del Sud America

1.1 Obiettivi

Le specifiche caratteristiche ed i limiti unici delle Favelas brasiliane rappresentano un esempio delle difficili sfide che il nostro pianeta dovrà affrontare nella prima metà di questo secolo.

La popolazione mondiale si sta muovendo verso le città, aumentando il tasso di povertà; secondo l'ONU, il 45-50% della popolazione urbana mondiale verserà in condizioni di povertà prima del 2020.¹ La richiesta di abitazioni sta aumentando considerevolmente, rendendo sempre più difficili interventi tempestivi da parte dei governi per rispondere ai bisogni della popolazione, fornendo i servizi di base; proprio in questa situazione, tutto ciò porta a difficoltà non notevoli, soprattutto per quanto riguarda l'igiene e consequenzialmente le aspettative di vita delle comunità.

Considerando questo tipo di realtà, studiare la Favela di Rocinha, rappresenta una grande opportunità di studio di migliori performances ambientali e al tempo stesso di analisi di un concetto di inclusione sociale completamente nuovo e diverso da quello a cui siamo abituati.

Siamo di fronte ad uno specifico fenomeno umano contemporaneo : con i suoi 250 mila abitanti, Rocinha è la Favela più grande del Sud America, e molto probabilmente anche la più famosa, e, per questo motivo, la più fraintesa.

Di seguito si proverà che il peggior nemico della Favela non sono le sue condizioni, ma la sua erronea e affrettata interpretazione.

Rocinha è un quartiere nato e cresciuto in modo informale. Si è sviluppata da una baraccopoli a una favela urbanizzata, la più popolosa dell' America Latina, con una forte personalità e un'organizzazione sociale molto solida, con, ovviamente, i suoi problemi, ma anche col suo personale equilibrio. La maggior parte delle persone non vogliono lasciare "il loro posto" nonostante affrontino notevoli problematiche di base. I "Favelados" amano le loro famiglie, le loro case e i loro luoghi, contribuendo positivamente all'economia della Favela, e per questa specifica ragione loro non possono essere considerati esclusi dalla società di cui si sentono attivamente parte. Rocinha mostra un forte senso comunitario da cui ognuno dovrebbe trarre insegnamento.

Considerata una delle più grandi Favelas del mondo, Rocinha stessa contiene un micro-mondo di problemi irrisolti e di bisogni... Rocinha è le sue stesse persone.

Rocinha può essere vista da una prospettiva che mostra una grande bellezza. "Da Rocinha posso vedere tutto il mondo...lo vedo un mondo senza barriere" suona la canzone del carnevale 2005, eseguita da Academicos da Rocinha Samba School.²

L'obiettivo principale di questa tesi è quello di sviluppare un progetto sia ingegneristico che architettonico, che, partendo dal punto di vista sociale, ambientale e urbanistico della Favela, possa offrire soluzioni pratiche e tecniche a problemi specifici.

Il progetto è parte di un ben più vasto programma biennale di ricerca condotto dal Politecnico di Milano in collaborazione con numerosi partners, finanziatori, università e associazioni, quali Polisocial, IMM®, la Federal University of Rio de Janeiro (UFRJ), la non-profit organization "Il Sorriso dei miei Bimbi", e molti altri.

L'attuale team che lavora al progetto è composto da oltre 35 persone tra cui professori, ricercatori e studenti.

La visione è quella di sviluppare un progetto pilota che vede la Favela come un complesso sistema urbanistico. Essa vuole essere una soluzione sostenibile che considera sia l'inclusione sociale, sia le prestazioni energetiche.

² Acadêmicos da Rocinha, "Um Mundo Sem Fronteiras", Samba Enredo 2005.

ico-ambientali.

In questo specifico contesto, il megaprogetto ha vinto il "Polisocial Award", che promuove lo sviluppo di ricerche scientifiche rigorosamente realizzabili e a sfondo sociale.

L'analisi urbanistica è stata realizzata tramite IMM®, una metodologia scientifica di cui si tratterà in seguito in maniera più approfondita, la quale considera l'agglomerato urbano come CAS (un sistema complesso e adattivo), composto da elementi del tutto eterogenei connessi tra loro più o meno direttamente.

Per ottenere un'effettiva collaborazione, gli studenti e lo staff hanno lavorato da remoto, hanno organizzato sessioni virtuali di lavoro, workshops, visite guidate, incontri con le persone locali e molto altro.

I beneficiari del progetto sono prima di tutto tutti coloro che vivono e vivranno nella Favela di Rocinha, poichè saranno migliorate le condizioni igienico-sanitarie, sociali, energetiche e sostenibili, nonché economiche; l'associazione italiana no-profit "Il Sorriso dei Miei Bimbi" si occuperà delle azioni primarie legate all'informazione e all'educazione; la UFRJ utilizzerà la metodologia IMM®; IMM® stessa, penserà al progetto e API rinforzerà il link tra le società e tutti gli altri attori coinvolti.

¹ United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014).

"World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights" (ST/ESA/SER.A/352).

1.2 Localizzazione Geografica

1.2.1 Rio de Janeiro

Rio de Janeiro si trova sulla parte atlantica del Brasile, vicino al Tropico del Capricorno, e la sua costa è orientata Est-Ovest. Guardando maggiormente a Sud, la città fu fondata su una parte di questa costa: Guanabara Bay.

Il cuore di Rio si trova ancora ad Ovest della baia. La parte più grande della città comunemente chiamata "Zona Nord", si estende verso Nord-Ovest su piani composti da sedimenti sia marini che continentali, e su colline, immersa tra le numerosissime montagne rocciose che contraddistinguono l'ambiente circostante la favela. La parte Sud della città, raggiungendo le spiagge che arrivano in mare aperto, è tagliata dal centro e dalla Zona Nord da montagne. La grande Zona Ovest, altrettanto esclusa, è stata resa più accessibile soltanto alla fine del XX secolo, grazie alla realizzazione di nuove strade e gallerie.

La popolazione della città di Rio de Janeiro occupa un'area di 1182,3 chilometri quadrati. La città rappresenta uno degli agglomerati urbani più grandi con i suoi 11-13,5 milioni di abitanti. Fu capitale del Brasile fino al 1960, quando fu sostituita da Brasilia.

1.2.2 Rocinha

Rocinha (piccolo orto) è la più grande, popolosa e urbanizzata favela del Brasile. È localizzata nella parte a Sud di Rio de Janeiro, tra i quartieri di São Conrado e Gávea (i più ricchi della città). Rocinha è costruita su una collina in forte pendio, distante appena un chilometro dalla costa.

Come è nata questa Favela?

Rocinha è cresciuta durante gli anni 40 su una terra di cui era proprietaria una compagnia francese, la "Cassio Guidon". L'idea iniziale era quella di sviluppare diversi lotti da vendere tramite una banca francese; ma prima di tutto, per combattere l'infestazione delle zanzare, causa della Febbre Gialla, era necessaria una disinfezione.

Mario Pinotti, l'ingegnere incaricato, decise che era una scelta opportuna, quella di far vivere i lavoratori addetti alla disinfezione, vicino alla zona stessa da disinfezionare; 24 lavoratori furono ingaggiati.

Questi lavoratori furono i primi abitanti di Rocinha. Alcuni attuali residenti sono discendenti delle originarie 24 famiglie, come, ad esempio i Grilo e i Campos.

Quando i lavoratori arrivarono, si occuparono di costruire casa a Rocinha e decisero di rimanervi.

A quei tempi questa parte di Rio de Janeiro era una parte della Foresta Atlantica, un luogo meraviglioso, vicino all'oceano, ricco di vegetazione e acqua.

All'inizio degli anni 50, quando arrivarono i lavoratori, c'erano solo degli stretti percorsi utilizzati dai cacciatori attraverso la giungla; al posto dei Nacional and Intercontinental Hotels c'era un grande lago.

Dal momento che il suolo era generoso, questi primi residenti iniziarono a coltivare in piccoli orti proprio dietro le loro baracche. Per avere un introito extra, durante i giorni in cui non lavoravano, le domeniche, erano soliti scendere in città a vendere i prodotti dei loro piccoli orti. I clienti gradivano molto la qualità dei loro prodotti, proprio da questo deriva il nome "Rocinha".

Un governatore di Rio de Janeiro successivo, Angelo Mendes de Moraes, fece realizzare lungo Rocinha un tratto di circuito Formula Uno: il "Circuito da Gavea".

Questo originariamente circondava l'intera regione lungo la costa, su per le montagne, dalla Estrada Niemeyer alla Marques de Sao Vincente. Una porzione della strada passava proprio attraverso Rocinha, strada che ancora oggi è la principale arteria stradale della Favela.

Quegli anni erano favorevoli soprattutto per quanto riguarda la costruzione edilizia in Brasile, un fiume di persone provenienti dal Nord-Est arrivò a Sud in cerca di lavoro.

Dozzine di compagnie fecero affari, incluse le Corcovado Construction Company e la Nova York Construction Company; tutte necessitavano di lavoratori; molti di loro furono reclutati dal Nord-Est del Brasile. Molti di loro inizialmente dormivano su amache proprio sui siti di costruzione, in seguito essi iniziarono a chiedere dai cantieri materiali di scarto quali legno per costruirsi le baracche in cui poter allocare le rispettive famiglie.

Ogni giorno venivano estirpati alberi dalla foresta, per utilizzare il legno e creare spazio per nuove abitazioni.

Una volta che le case erano pronte, il resto della famiglia proveniente da Nord-Est avrebbe

seguito il capofamiglia lavoratore.

Tutti questi accadimenti, giorno dopo giorno, fecero in modo che la Favela crescesse in modo incontrollato, portando all'esplosione demografica di Rocinha, creando ciò che al giorno d'oggi è considerata una delle favelas più grandi al mondo.

Intorno agli anni 60 ci fu il picco dell'attività costruttiva, dopo di ciò, la crisi portò molti lavoratori a fare ritorno ai luoghi di origine, lasciando molte donne in Favela.

Quelle che rimasero iniziarono a lavorare, lasciando spesso i figli a casa.

Oggi quasi 250 mila persone vivono a Rocinha, ma il censimento dell' IBGE (Istituto Brasileiro de Geografia e Estatística) del 2010 ha contato solamente 69,161 persone.

La comunità ha una popolazione che vive ammassata in una ripida collina di soli 0.80 chilometri quadrati!

Con questa comunità super densa, la maggioranza dei residenti versa in condizioni di povertà, vivendo in piccole abitazioni di mattoni ammassate l'una sull'altra, che possono raggiungere anche gli 11 piani di altezza. La maggior parte delle case di Rocinha ha un sistema fognario di base, con regolari tubazioni ed energia elettrica.¹

¹ Fonte: André Cypriano, "Rocinha", Senac Editoras, São Paulo, 2005.

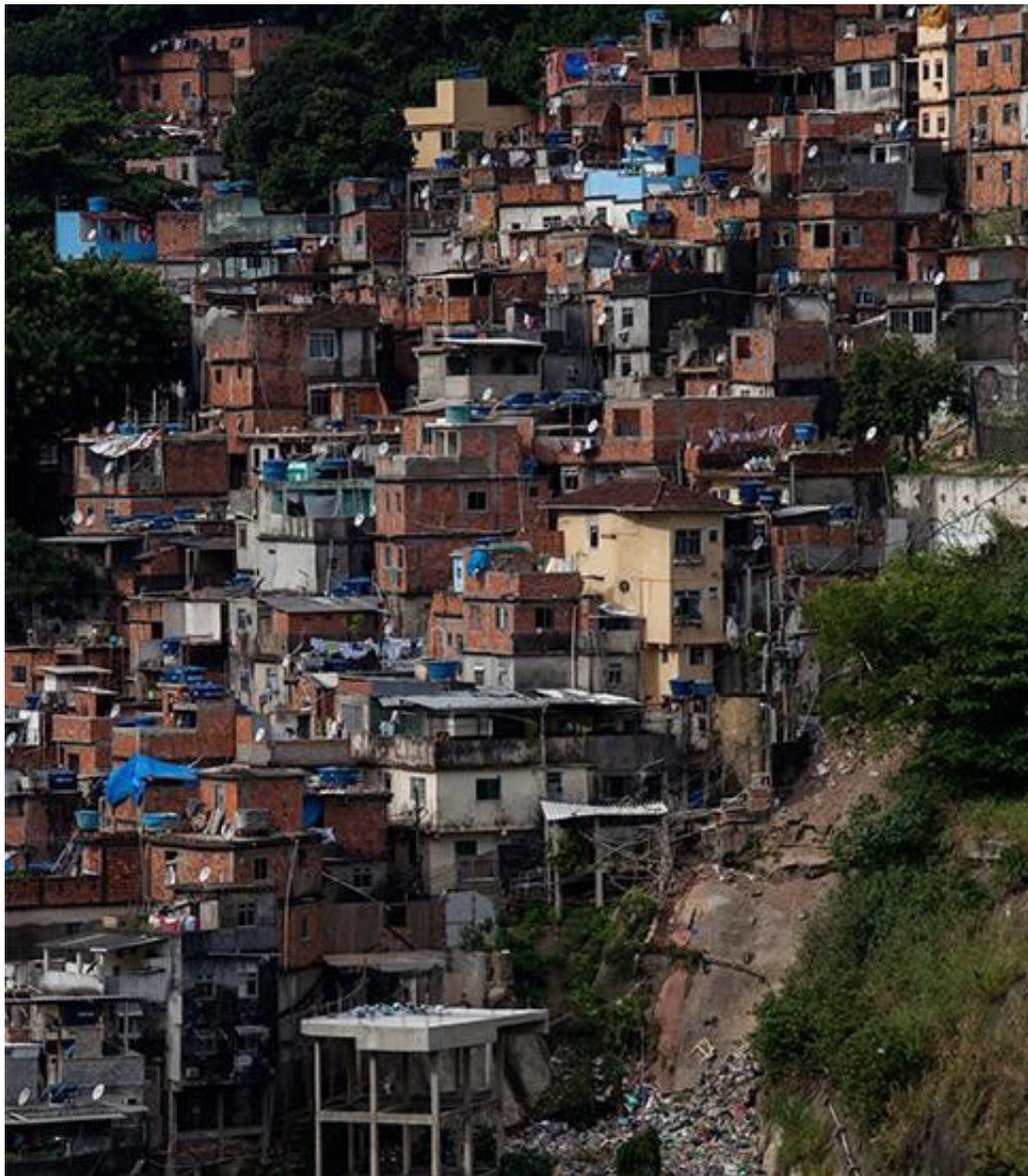


Figura 1.2 Rocinha e la sua localizzazione.

1.3 Scenario Storico

Il Brasile è grande quanto un continente, e, dunque, è ricco di materie prime; la sua popolazione supera i 200 milioni di persone, ed è una dei Paesi con le maggiori opportunità nel panorama mondiale. Appartiene al BRIC (Brazil, Russia, India, China), l'unione di Nazioni che stanno crescendo più velocemente nel mondo.

Le politiche protezionistiche non sono il problema principale del Brasile; comunque, l'economia del Brasile sta crescendo, grazie alla domanda interna di beni e servizi e anche grazie all'enorme quantità di materie prime. Il mercato brasiliano non aspetta altro che essere forte e indipendente, e i Mondiali del 2014 e le Olimpiadi del 2016 ne sono la prova.

Attraverso lo scenario storico sarà possibile dare la possibilità di una maggiore comprensione dell'economia e dello sviuppo urbano del Brasile.

1.3.1 Crescita Economica

Il Brasile, colonia portoghese dal 1500, nel 1822, dopo aver ottenuto la sua indipendenza, ha dovuto affrontare diversi cambiamenti, dal punto di vista politico, economico e sociale. E' passato da una monarchia a una repubblica nel 1889, quando il re decise di emancipare gli schiavi, perdendo, di conseguenza, il supporto della classe dirigente.

Durante gli anni 20 ci fu la dittatura di Getúlio Dornelles Vargas; lui promosse la centralizzazione del potere, limitando l'autonomia degli stati e dell'oligarchia, supportando lo Stato Federale, l'industrializzazione e l'urbanizzazione.

Il Brasile ha partecipato alla Seconda Guerra Mondiale, affianco agli Alleati. In quel periodo le esportazioni brasiliane si svilupparono molto, particolarmente con gli Stati Uniti, con cui furono rafforzati i rapporti economici. Alla fine del Conflitto, il Paese fece molta pressione per ritornare alla democrazia, e Vargas fu costretto a dimettersi.

Negli anni 60 fu fondata la nuova capitale brasiliana, che sostituì Rio de Janeiro: Brasilia. La città fu costruita in meno di quattro anni, grazie all'aiuto dell'urbanista Lúcio Costa, e a quello dell'architetto Oscar Niemeyer, incaricato della costruzione della maggior parte degli edifici pubblici.

Dopo il governo di Kubitschek, i militari istituirono un periodo di dittatura dal 1964 al 1985.

Alla fine degli anni 70, il Governo fu costretto da accettare un'apertura verso la liberazione dalla dittatura. L'esercito accettò il ritorno a una gestione civile, dal momento che lo Stato già versava in una condizione di crisi economica.

In quegli anni ci fu un processo di urbanizzazione eccessivamente accelerato, in concomitanza con la migrazione verso le città. Nel 1986 Fernando Henrique Cardoso divenne Presidente del Brasile; lui provò, senza successo, a risolvere la crisi economica. I livelli dell'inflazione brasiliana raggiunsero il 2.500% (1993).

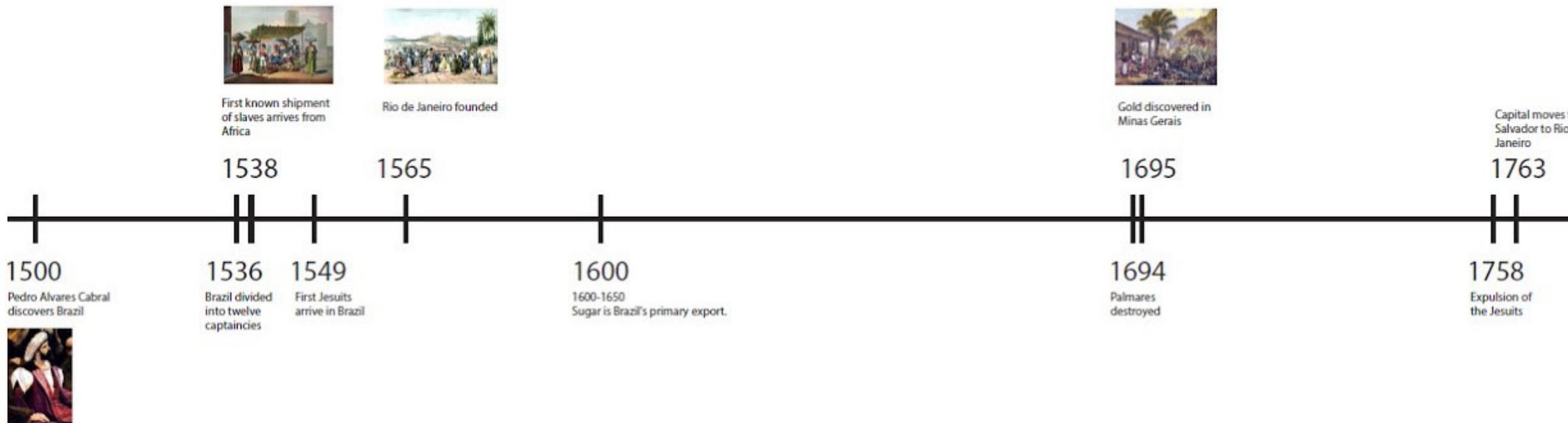


Tabella 1.1 Linea del tempo dello sviluppo economico del Brasile.

Nel 1991 il Paese divenne parte del Mercosur (Mercado Comune del Sud), di cui fecero parte anche Argentina, Paraguay e Uruguay. Lo scopo del Mercosur era quello di creare un mercato comune per rafforzare le economie dei singoli partecipanti e gli scambi con gli USA, l'UE ed altri protagonisti dell'economia mondiale.

Nel 1994 Cardoso cercò di risolvere il problema dell'inflazione con nuovi piani e riforme sociali, come, ad esempio, il "Plano Real", una riforma per stabilizzare l'economia del Paese e controllarne il deficit.

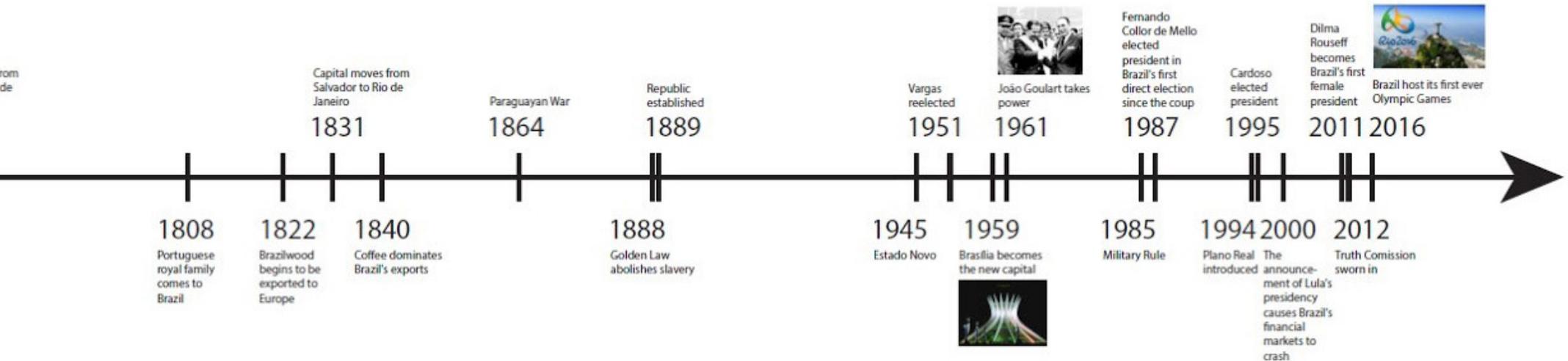
Durante gli anni 2000 ci furono altre importanti riforme che vale la pena menzionare: "Fome Zero", una politica sociale supportata dal governo che mira a garantire un'ade-

guata nutrizione alle persone e alle famiglie in difficoltà; "Bolsa Familia", con l'obiettivo principale di promuovere e incoraggiare l'inclusione sociale per ridurre povertà e iniquità attraverso una borsa in denaro con la garanzia di accedere ai servizi di base come quelli sanitari, di educazione e alimentari; "PAC 2" (Marzo 2010), diviso in tre aree principali, quali Energia, Traffico stradale e Public Housing. Il primario obiettivo è lo sviluppo e il rafforzamento delle principali infrastrutture. Questo piano include anche il programma "Minha Casa, Minha Vida" con gli obiettivi di ridurre il deficit residenziale, di costruire nuove unità abitative rinnovando le esistenti e trasformando le favelas in centri per la comunità.

Nonostante le aspettative e il continuo sviluppo, la profonda recessione continuerà anche nel 2017, a causa dell'insicurezza e della corruzione politica che portano a continue contraddizioni nelle risposte alle richieste della popolazione.

La risalita della produttività dipenderà dalle riforme che incoraggeranno la competizione, da barriere di scambio più favorevoli e da un'amministrazione più semplice.

Una più forte produttività sarà la chiave della crescita e di una situazione economica solida che duri nel tempo.



1.3.2 Sviluppo Urbano

Il Brasile è il quinto Paese più popoloso al mondo, dopo Cina, India, Usa e Indonesia. E' la più grande nazione dell'America Latina, con un'area di 8 514 876 chilometri quadrati, e i suoi confini che toccano altri 10 stati. Secondo il censimento dell'IBGE del Novembre 2010, la popolazione brasiliana era di 190 732 694 abitanti, di cui, approssimativamente, l'80% vive in città.

Dal 1970, il Brasile ha vissuto molte trasformazioni, sia da un punto di vista demografico, sia da quello politico, soprattutto dovute all'intenso processo di inurbamento. Le regioni metropolitane come quella di Rio de Janeiro, sono quelle che hanno sofferto questo tipo di processo, più delle altre, accusando problemi come la "favelizzazione".

Per comprendere questo fenomeno urbano e sociale, che definisce le attuali condizioni del Brasile, è importante considerare le trasformazioni sia tecnologiche che geopolitiche.

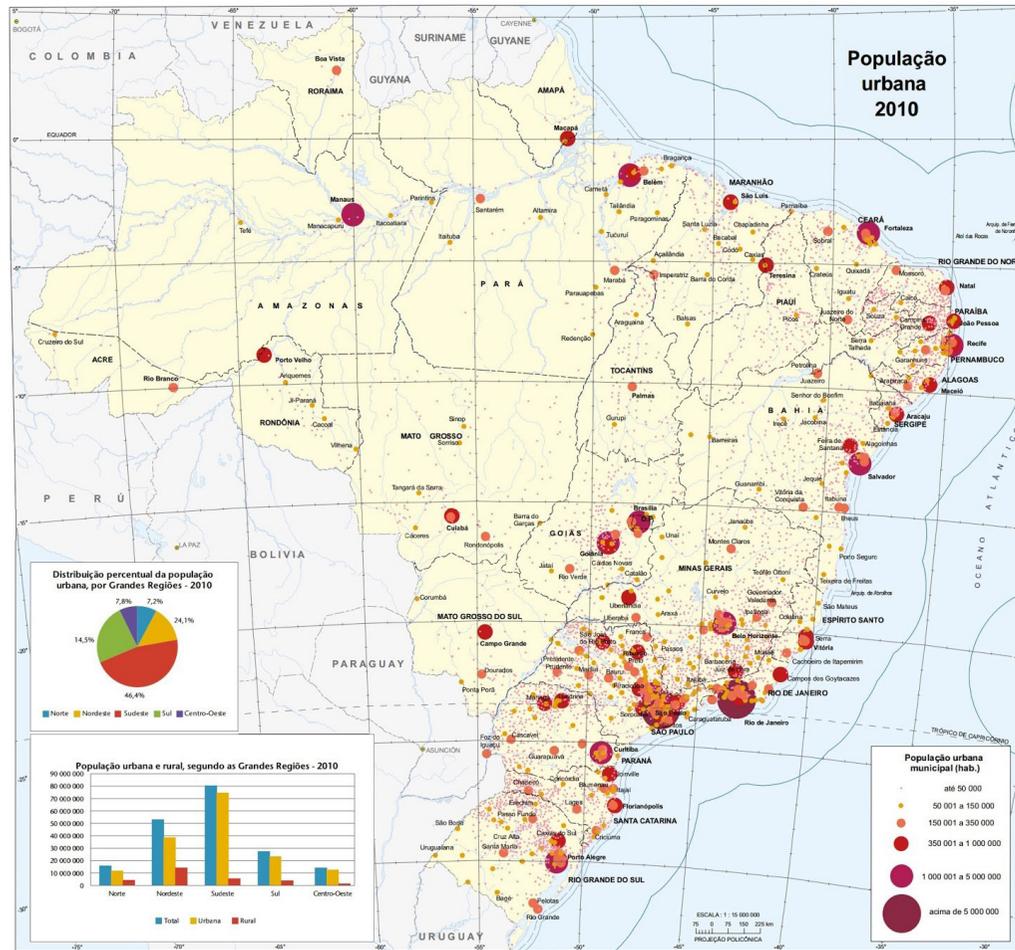


Figura 1.3 Distribuzione della Popolazione Urbana in Brasile, 2010. Fonte: IBGE censimento 2010.

1.3.2.1. La città

Seguono gli eventi principali dell'espansione urbana in ordine cronologico:

XVI Secolo

Il 1° Gennaio 1532 i Portoghesi arrivano a Rio de Janeiro.

Il primo insediamento è il "Morro do Castelo", che corrisponde, adesso, al centro della città. L'espansione cresce in due direzioni: Nord e Sud, che ha come limite fisico le montagne circostanti.

XIX Secolo

La città di Rio de Janeiro inizia a trasformare radicalmente la sua forma urbana. (Figura 4)

Dal 1850 viene investito un capitale per le infrastrutture quali trasporti, fognature, gas etc.

Dal 1870 vengono introdotti i tram e i treni. Questi due veicoli saranno i maggiori responsabili della crescita della città.

(Figura 5,6,7,8)

XX Secolo

Nei primi anni Rio de Janeiro vede grandi trasformazioni.

(Figura 9)

Il sindaco Pereira Passos inizia la trasformazione attraverso un programma urbanistico: la "Reforma Passos". Questa riforma comporta l'estensione delle maggiori strade del centro: la "Avenida Beira Mar", come connessione tra il centro e il quartiere Botafogo; e la "Avenida Atlantica" lungo il quartiere di Copacabana.

La crescente densità nella parte Sud della città richiede una trasformazione in termini di forma e spazi.

Le più importanti trasformazioni vedono l'estensione della spiaggia di Copacabana, la costruzione del ponte che collega Rio a Niteroi, la costruzione di una "Avenida" perimetrale, la realizzazione dell'intercettatore nella Zona Sud, e la realizzazione della linea della metro. (Figura 10)

Il processo porta a due importanti ripercussioni per l'evoluzione della città: un drastico processo di eliminazione delle baraccopoli nella zona Sud e l'espansione dei quartieri di São Conrado e Barra da Tijuca. (Figura 11)

L'attuale struttura di Rio de Janeiro è la espressione di un processo evolutivo che è al tempo stesso lineare e continuo. (Figura 12,13)

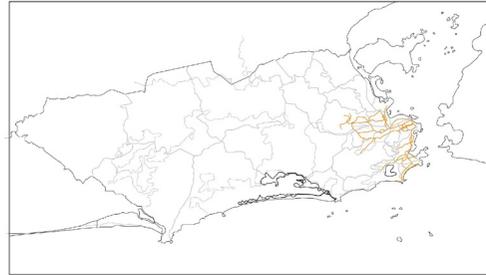


Figura 1.5 La prima linea tramviaria che dal Giardino Botanico collega il centro al Largo do Machado, in Catete; Nel Gennaio 1870, viene fondata la Rio de Janeiro Street Rail company.

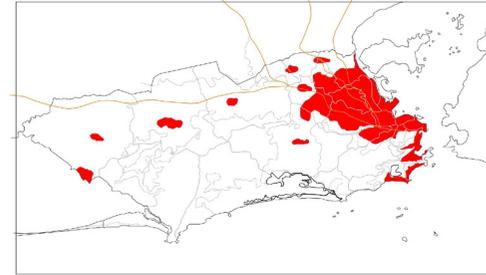


Figura 1.8 Le aree aperte per la ferrovia (Estrada de Ferro D, Pedro II, Melhoramentos do Brasil, Leopoldina, Rio D'Oro) erano destinate alle persone povere.

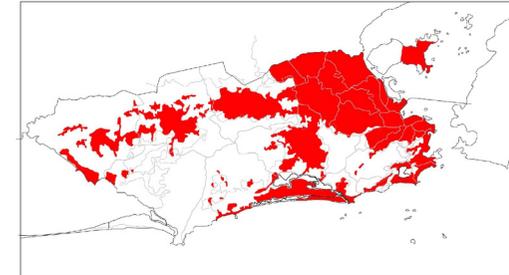


Figura 1.11 La situazione nel 1990.



Figura 1.6 La città inizia a trasformarsi radicalmente lungo le linee dei tram.

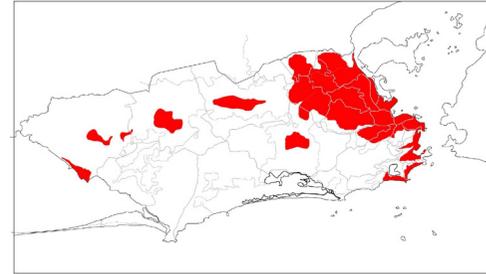


Figura 1.9 Iniziano a svilupparsi alcuni centri rurali che vengono inglobati nelle città.

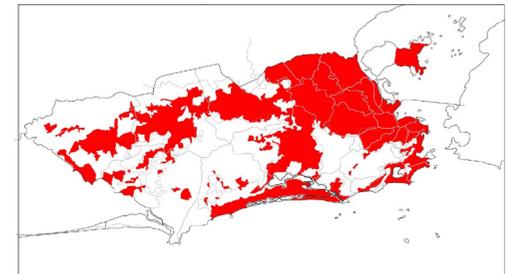


Figura 1.12 La situazione nel 2000.

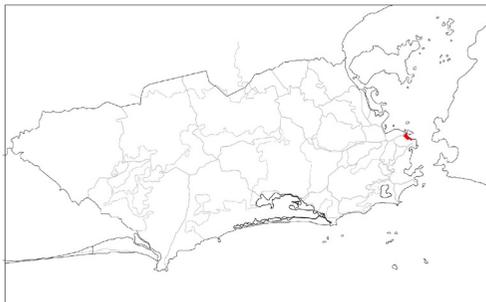


Figura 1.4 La città inizia a svilupparsi dal "Morro do Castelo".

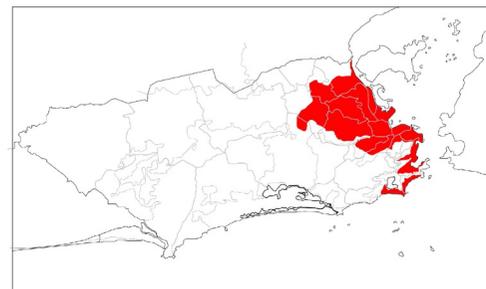


Figura 1.7 Espansione dei trasporti in direzione Nord.

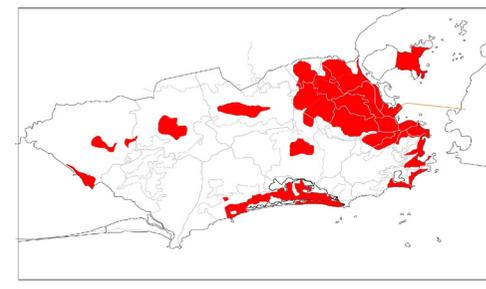


Figura 1.10 Interventi importanti: estensione di Copacabana; costruzione Av. Paulo de Frontin; costruzione del ponte Rio-Niteroi; continuazione della Avenida Perimetral; costruzione dell'intercettatore nella Zona Sud; costruzione della Metro.

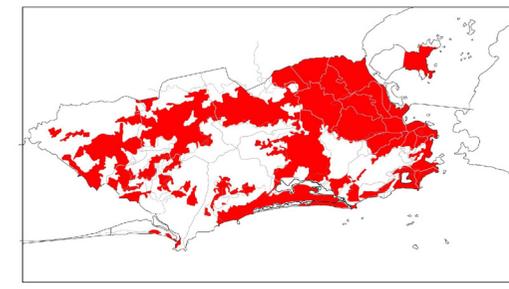


Figura 1.13 La situazione nel 2010.

INCOME INEQUALITY



URBANIZATION



IMMIGRATION



POVERTY



LACK OF AFFORDABLE HOUSING



LACK OF URBAN PLANNING AND PUBLIC POLICY



FAVELA (Brasil)

bustees (Kolkata) Chawls and Chowpatis (Mumbai) katchi abadis (Karachi) Kampung (Jakarta) iskwa (popolazione) eters (Manila) Shammasas (Cartum) Umjondolos (Durban) intramurios (Rabat) Bidonvilles (Abidjan) BALADIS (CAIRO) gecekondus (Ankara) conventillos (Quito) villas miserias (Buenos Aires) colonias populares (Città del Messico) baraccopoli casa de cartòn paraga squatter camp barrio de paracaidistas BARAKA bidonville barriadas bustees



1.3.2.2 Le favelas

L'urbanizzazione delle megalopoli del terzo mondo che ha caratterizzato le ultime decadi del secolo, ha causato lo sviluppo di spontanei agglomerati spontanei. Le prime testimonianze di questo tipo di insediamento erano concentrate nei sobborghi delle grandi città, per motivi ovviamente economici. Le pubbliche autorità non erano in grado di controllare il fenomeno, così che interi quartieri in poco tempo crescevano mancando di infrastrutture adeguate, e servizi pubblici, contribuendo alla segregazione sociale delle persone che ivi vivevano. Il nome "Favela" viene proprio da un quartiere di Rio de Janeiro chiamato "Morro da Favela", che fu occupato dai soldati tornati dalla guerra di Canudos, Bahia. L'area diventò il primo agglomerato urbano irregolare.

La struttura caotica delle Favelas si è formata intorno agli anni 70 e 80. Quelle zone urbane erano accettate dal governo in quanto "temporanee". Per questa ragione le politiche sociali avevano evitato di dotarle dei servizi e delle infrastrutture primarie. Soltanto nel 1992 con il "piano regolatore" di Rio de Janeiro si decise di organizzare e integrare le favelas nella città, riconoscendole come un'eredità della città stessa.

Il processo di "favelizzazione" è ancora in atto e con esso continua ad aumentare il problema della densità della popolazione e della qualità della vita in termini soprattutto sanitari. E' importante intervenire sull'urbanizzazione per ridurre le disparità sociali, ma anche per incentivare l'inclusione attraverso l'uso di spazi pubblici, per far diminuire il problema della densità e migliorare le condizioni di vita degli abitanti.

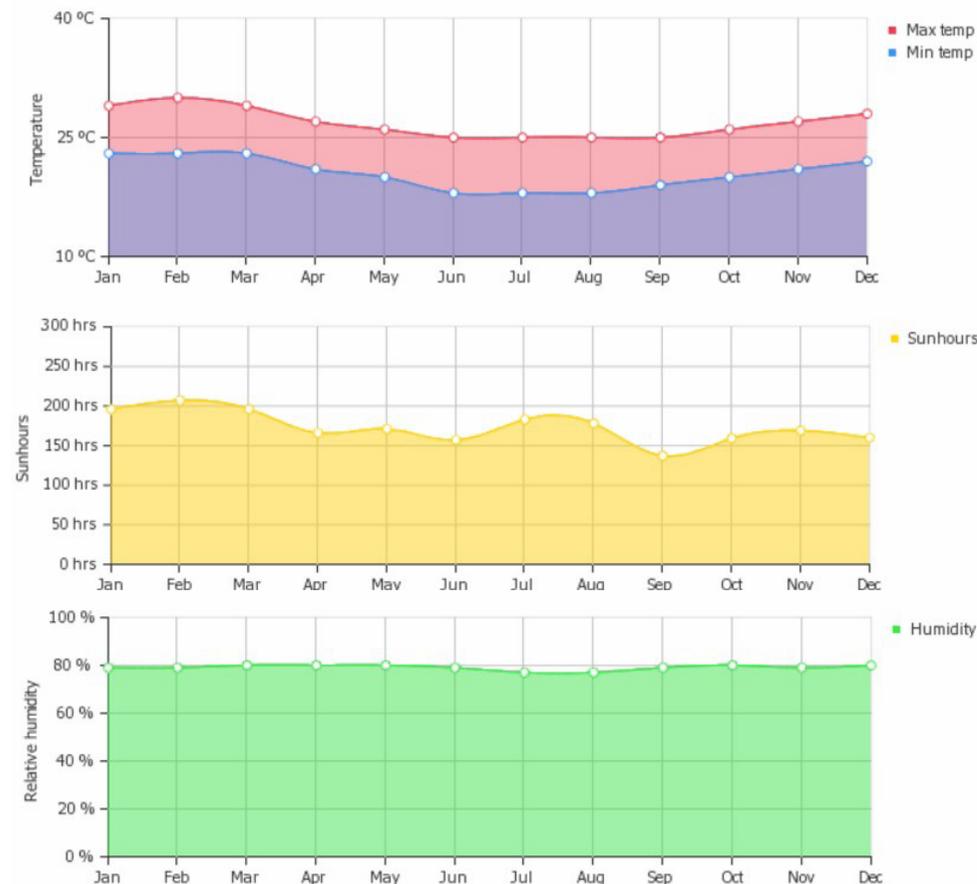
Lo sviluppo organico delle favelas è un processo "auto organizzato" che rappresenta un'efficace soluzione dal punto di vista economico, da cui è possibile imparare per quanto riguarda la pianificazione urbana come intesa come ideologia, in quanto lo spazio rappresenta l'espressione del singolo.

1.4 Analisi Climatica di Rio

Rio ha un clima tropicale savanico (Aw) che, secondo la classificazione Köppen, è molto vicino a quello tropicale monsonico (Am) ed è spesso caratterizzata da lunghi periodi di pioggia pesante, solitamente da Dicembre a Marzo.

1.4.1 Temperatura e Umidità

Le più alte temperature sono concentrate nel periodo che va da Dicembre a Marzo, e quelle più basse da Giugno a Settembre. L'umidità massima relativa varia molto poco durante i mesi dell'anno; è solitamente elevata. La media annuale delle temperature minime è di 21 °C (70 °F); quella delle massime è di 27 °C (81 °F); la media annuale delle temperature è di 24 °C (75 °F). La temperatura varia anche in relazione all'altezza, alla distanza dalla costa e al tipo di vegetazione e uso del suolo. In inverno si hanno temperature miti grazie ai fronti freddi e alla brezza oceanica; d'altra parte gli stessi fronti freddi (la convergenza intertropicale sotto forma di venti provenienti dalla Foresta Amazzonica), i venti provenienti dall'oceano (spesso provenienti da cicloni tropicali) e l'evaporazione estiva, portano piogge torrenziali e tempeste.



1.4.2 Precipitazioni

La media delle piogge è di 1,069 mm (42.1 in). Lungo la costa, la brezza, soffiando da e verso la costa mitiga le temperature. Soprattutto in estate, le forti piogge provocano inondazioni e frane. Le zone montuose registrano alte precipitazioni poiché esse rappresentano una barriera per il vento umido che proviene dall'Atlantico.

La siccità è molto rara, e nonostante essa arrivi occasionalmente, quando accade, dà un forte senso di clima tropicale. La siccità brasiliana del 2014–2015, che è stata più severa nella parte Sud-Est, ha influenzato negativamente l'intera area metropolitana per quanto riguarda i servizi idrici.

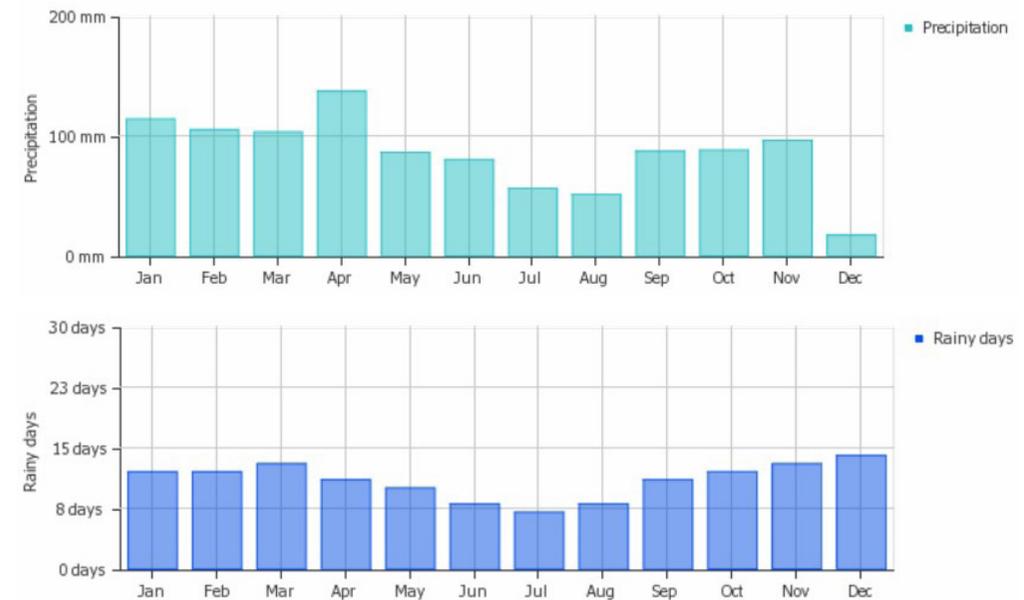


Tabella 1.2 Temperatura; 1.3 Ora solare; 1.4 Umidità relativa; 1.5 Precipitazioni; 1.6 Giorni di pioggia

Fonte: INMET, Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br)

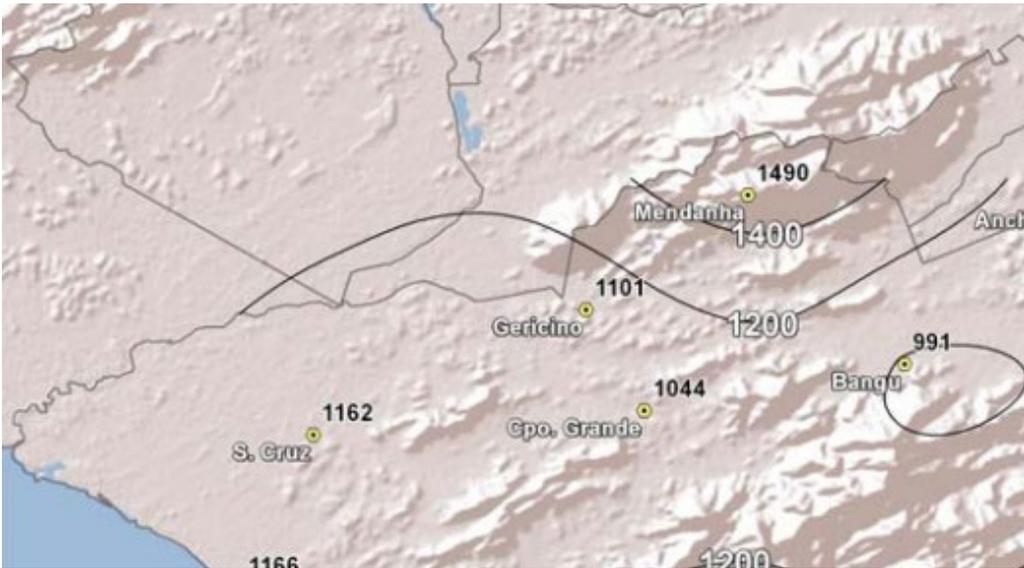


Figura 1.14 Media totale annuale della distribuzione delle piogge dal 1997 al 2006, dai dati di 30 stazioni di monitoraggio Geo-Rio Foundation (Fonte: Adapted from Dereczynski, et al., 2009).

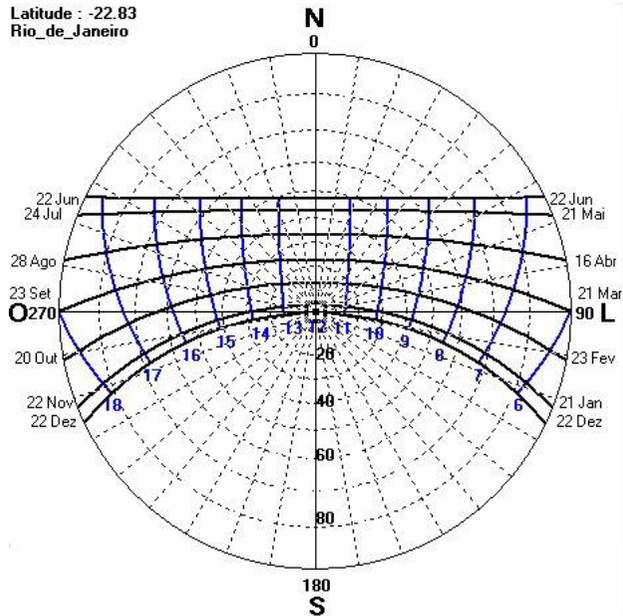


Figura 1.15 Carta solare di Rio de Janeiro.

1.4.3 Vento

La velocità dei venti è pressoché regolare; la maggior parte di essi proviene da Sud; i venti provenienti da Sud hanno una velocità pari al doppio delle altre. Grazie alla frequenza con cui questi soffiano, è possibile notare che i venti più frequenti in tutte le stagioni sono quelli provenienti da Sud-Ovest. Anche in primavera questi venti soffiano in maniera molto intensa.

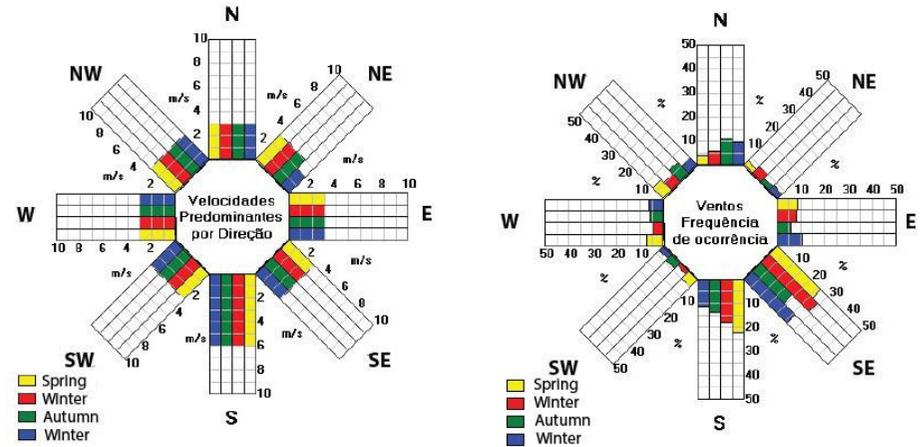


Tabella 1.7 Rosa dei venti

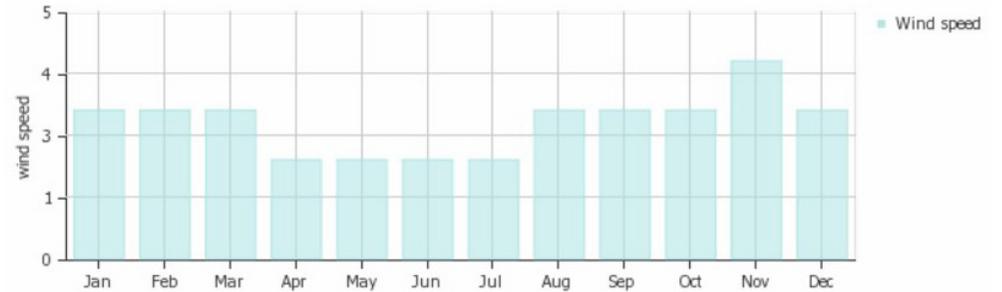
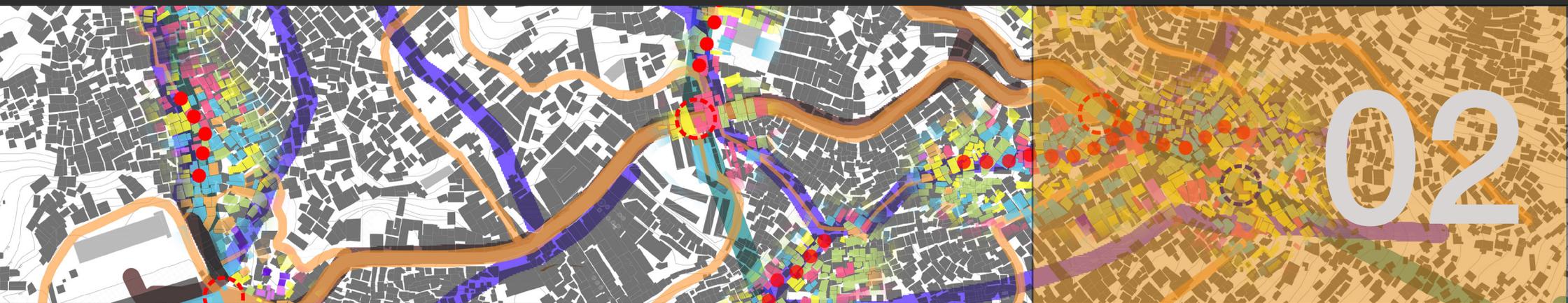


Tabella 1.8 Velocità del vento



URBANISTICA



Figura 2.1 La situazione attuale di Rocinha, vegetazione e uso del suolo.

2 Urbanistica

Rocinha e la sua *super-densità*

2.1 Analisi del sito

2.1.1. Densità Demografica di Rocinha

Secondo il censimento IBGE (Istituto Brasileiro de Geografia e Estatística) del 2010, Rocinha ha una popolazione di 69,161 abitanti. La UPP di Rocinha è formata da due comunità: la Vila Parque da Cidade e Rocinha.

L'immagine qui accanto rappresenta i dati sulla popolazione, le famiglie, gli abitanti per famiglia, l'area occupata e la densità demografica di Rocinha e Vila Parque da Cidade.

Una seconda immagine mostra la popolazione divisa in quattro gruppi di età: 0-14 anni; 15-29 anni; 30-64 anni e gli over 65.

I dati mostrano che i bambini rappresentano $\frac{1}{4}$ della popolazione, e, considerando anche le persone tra i 15 e i 29 anni (32%), si arriva alla conclusione che la popolazione del territorio dell' UPP di Rocinha è giovane, raggiungendo il 57% della popolazione totale. Gli

adulti (30-64 anni) rappresentano il 40%. Gli anziani dai 65 anni in su sono solo il 3% della popolazione, mentre, nella città di Rio de Janeiro arrivano al 10.4%.

Le due piramidi illustrano la distribuzione dell'età delle comunità di Rocinha UPP, paragonate con quelle di R.A. Lagoa, che confina con R.A. Rocinha. Le due geometrie sono completamente differenti: la base del grafico di Rocinha UPP è più larga, indicando che la popolazione è giovane, compresa tra 0 e 29 anni; la base di R.A. Lagoa è invece molto stretta.

La differenza maggiore tra le due situazioni è data dalla presenza di anziani. In R.A. Lagoa la cima della piramide, che rappresenta la popolazione più vecchia, è ampia, specialmente per quanto riguarda il lato femminile. La piramide di Rocinha mostra anche che dopo i 30 anni, in entrambi i sessi, la popolazione inizia a diminuire.

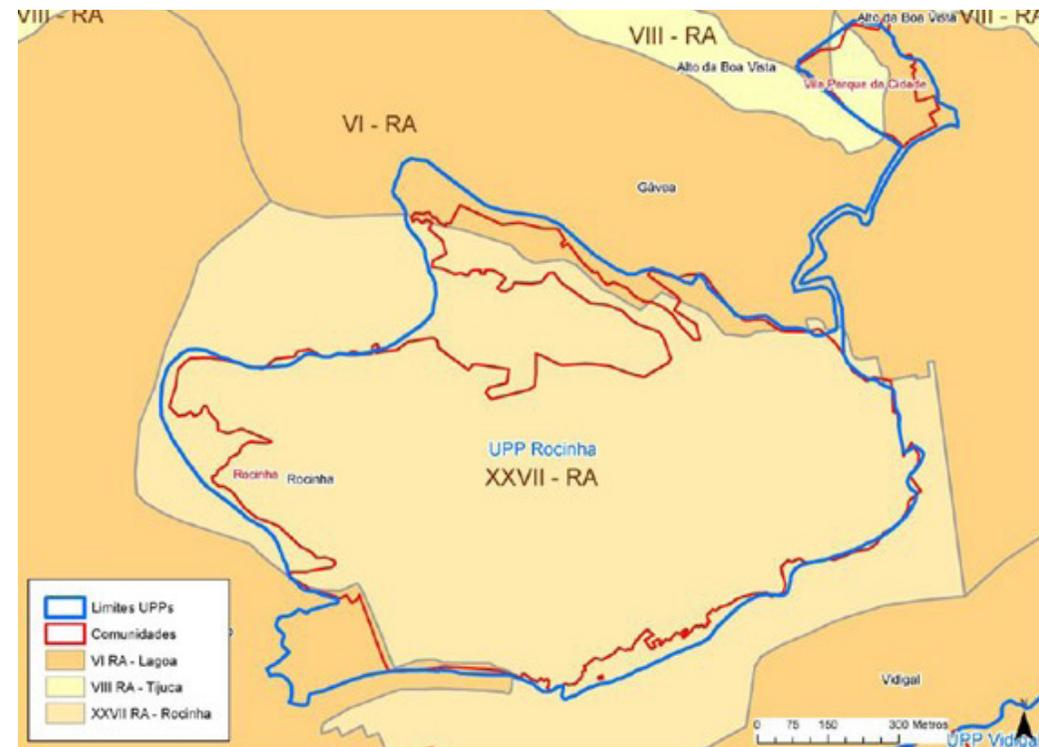


Figura 2.2 Limiti di Rocinha, le comunità e regioni amministrative (2011)

Comunidade	População (1)	Domicílios (1)	Habitantes por Domicílio	Área (m ²) (2)	Densidade demográfica (hab/ha)
Rocinha	69.156	23.347	2,96	864.052	800,4
Vila Parque da Cidade	1.924	623	3,09	39.958	481,5
Total	71.080	23.970	2,97	904.010	786,3
Rio de Janeiro (3)	6.320.446	2.146.340	2,94	570.917.463	110,7

Tabella 2.1 che mostra Popolazione, Famiglie, Abitanti per Famiglia, Area e Densità Demografica delle comunità di Rocinha UPP e della Municipalità di Rio de Janeiro.

Comunidade	Faixa Etária									
	0 a 14		15 a 29		30 a 64		65 +		Total	
	Pessoas	%	Pessoas	%	Pessoas	%	Pessoas	%	Pessoas	%
Rocinha	17.092	25%	21.871	32%	27.919	40%	2.279	3%	69.161	100%
Vila Parque da Cidade	386	20%	531	28%	866	45%	141	7%	1.924	100%
Total	17.478	25%	22.402	32%	28.785	40%	2.420	3%	71.085	100%
R.A. Lagoa	12,9%		18,9%		50,5%		17,7%		100,0%	
Rio de Janeiro	19,4%		24,1%		46,0%		10,4%		100,0%	

Fonte: Censo Demográfico IBGE (2010)

Tabella 2.2 che mostra le percentuali di età di Rocinha UPP, R.A. Lagoa e Rio de Janeiro.

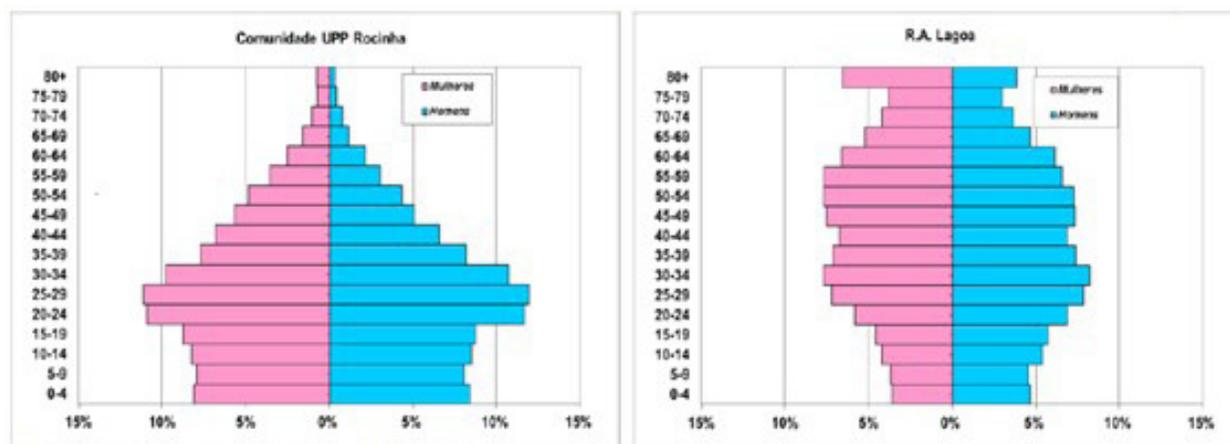


Figura 2.3 Popolazione delle comunità di Rocinha UPP e R.A. Lagoa, 2010.

La popolazione stimata è di gran lunga maggiore di quella ufficialmente dichiarata. Grazie al calcolo dei volumi degli edifici, è stato possibile stimare il numero delle persone che vivono a Rocinha. E' stato possibile fare ciò tramite le mappe "Volume" e "Voids" della metodologia IMM.

Secondo questa stima, l'80% di Rocinha è spazio costruito, dal momento che ci sono 685,000 metri quadrati occupati su 850,000 metri quadrati liberi.

Nonostante ciò, ci sono 2,000,000 metri quadrati non utilizzati. Se si considerano 20 metri quadrati a persona, gli abitanti di Rocinha saranno circa 101,000.

Fonti:

(18) Instituto Pereira Passos, com base em IBGE, Censo Demográfico (2010)

(19) Instituto Pereira Passos (2010)

(20) Censo Demográfico IBGE (2010)

2.1.2 Servizi e Infrastrutture

Solitamente le favelas non sono considerate veri e propri quartieri e mancano di servizi e infrastrutture appropriati. Rocinha ha quasi un secolo di vita, ma è stata riconosciuta come quartiere solamente nel 2001, quando la situazione in cui versava è migliorata, anche grazie a piccoli interventi pubblici; nonostante ciò, i livelli di igiene non risultano ancora soddisfacenti.

I problemi maggiori sono legati al sistema delle acque, c'è uno scarso accesso all'acqua potabile, e non esiste nemmeno un sistema fognario adeguato. La capacità critica dei canali esistenti, dove confluiscono le acque reflue, è condizionata dalle pesanti piogge e da ogni tipo di rifiuti organici e inorganici. Un enorme problema deriva anche dall'inappropriato sistema di drenaggio, dall'eccessiva densità della popolazione di cui si è già parlato e dalla mancanza di un sistema di dismissione dei rifiuti.

Nonostante l'assenza di interesse e cura da parte della popolazione, la maggior parte degli edifici è servita da basi impianti idraulici ed elettrici, molti dei quali legati al sistema principale in maniera illegale, ciò viene tacitamente accettato dall'autorità centrale di governo. La fornitura di acqua è effettuata da Cedae, una compagnia che provvede a distribuire l'acqua ad un serbatoio principale posto in cima alla collina, che, a sua volta, rifornisce tutti i piccoli serbatoi che si trovano sui tetti delle case. L'acqua in questione non è da considerare di buona qualità, infatti ogni casa è dotata di un particolare filtro depuratore per evitare infezioni batteriche e altri problemi. Un drammatico problema ancora legato all'acqua, soprattutto per quanto riguarda le zone tropicali, è la proliferazione delle zanzare e di altri insetti veicoli di malattie, che si moltiplicano facilmente, de-

ponendo le loro uova nell'acqua stagnante. Per queste ragioni Rocinha, con i suoi stretti spazi e alti livelli di umidità, "vanta" il triste primato di essere il posto con il più alto numero di casi di TBC in tutta l'America del Sud, e uno dei più alti in tutto il mondo. La densità degli edifici e la mancanza di terreno permeabile rendono l'ambiente molto umido, in più la presenza di canali di scarico, usati come fognature a cielo aperto, contribuiscono al verificarsi di condizioni igienico-sanitarie inaccettabili.

Oggi quasi tutte le case di Rocinha sono composte da mattoni e cemento. La maggior parte degli edifici ha tre-quattro piani. Rocinha ha un'infrastruttura articolata ed ospita molte attività come banche, farmacie, e negozi vari. Ha anche un proprio canale di televisione locale: "TV ROC".



Figura 2.4 Servizi e infrastrutture disponibili a Rocinha.

2.1.3 Analisi Sociale

Le relazioni che legano gli abitanti di Rocinha gli uni agli altri sono degne di essere investigate in questo paragrafo come elementi di ricchezza in un contesto dove mancano i beni di prima necessità.

Nonostante tutti i problemi e l'idea che tutti hanno sulle favelas (soprattutto chi non è mai stato lì), ciò che sorprende non è la difficile situazione, ma il fatto che nessuno voglia lasciare Rocinha per alcun motivo, e questo appare chiaro dall'articolo della BBC qui riportato.

Insieme al problematico scenario che richiama molti problemi Brasiliani, come la povertà, l'ignoranza, l'inquinamento, l'uso smodato di plastica, la violenza e, in cima alla lista, lo scarso interesse da parte delle istituzioni, Rocinha presenta un forte capitale sociale e umano.

Favelas con una posizione privilegiata come quella di Rocinha, hanno solitamente condizioni migliori di altre baraccopoli, lontane da lavoro e servizi. All'interno di Rocinha stessa, ci sono comunità più ricche di altre.

Le aree più povere sono collocate generalmente in cima alla collina, caratterizzate da baracche. Essere vicina alle connessioni principali è, ovviamente, un valore aggiunto: gli edifici più vicini alle strade sono in buone condizioni, sicuramente migliori di quelli che si trovano all'interno, nascosti e non facilmente accessibili.

Dati recenti mostrano che il 65% dei residenti fanno parte della nuova classe media brasiliana, e che molte comunità della favela sono molto lontane dall'essere definite "baraccopoli", come spesso vengono definite.

Rocinha è un mix di diverse comunità dove il senso del vivere insieme e dell'aiutarsi gli uni con gli altri è un aspetto dominante.

Per comprendere e analizzare la situazione, occorre considerare alcune differenze che intercorrono tra la società europea e quella di Rocinha. Un esempio di queste differenze è la percezione degli spazi vuoti. Nella nostra mentalità, un'area verde o una piazza rappresentano delle funzioni; in una favela, invece, tali spazi potrebbero essere visti come pericolosi se privi di funzioni.

La mancanza di beni materiali è ben rappresentata nell'articolo di L.J.Hanifan's (1916), che per la prima volta ha spiegato che quando si parla di Rocinha non si fa riferimento a un vero e proprio strato sociale, alla proprietà privata, o al freddo denaro. Piuttosto ci si riferisce alla quotidianità delle persone, ovvero amicizia, fraternità, empatia e rapporti sociali tra gruppi di individui, tra famiglie... c'è un così grande capitale di persone, sostiene, che soddisfa immediatamente i bisogni sociali e sostiene potenzialmente le condizioni di vita dell'intera comunità. Essa trae un grosso beneficio dalla cooperazione di tutte le sue parti, mentre il singolo troverà il vantaggio dell'aiuto, della simpatia e della solidarietà dei suoi vicini.¹

A Rocinha anche i narcotrafficienti seguono un certo codice di regole sociali: dove c'è la scintilla di qualcosa di buono per la comunità, loro fanno un passo indietro e si spostano altrove.

Nonostante la sua definizione, ci sono determinate tesi che sostengono che il capitale sociale non si può definire tale fino a quando le relazioni stesse non portano a un vero e

¹ Hanifan, L. J. "The rural school community center", *Annals of the American Academy of Political and Social Science* 67: 130-138, 1916. Also see Hanifan, L. J. "The Community Center", Silver Burdett, Boston, 1920.

proprio sviluppo. Jamie Worms nella sua tesi "Evaluating Social Capital as it Affects Community Development in the Favelas of Rio de Janeiro" studia l'origine delle favelas e il loro sviluppo.² Sostiene che negli anni le favelas hanno attraversato differenti stadi. Prima erano ignorate, rimosse, riposizionate dai Governi stessi, negate dai politici, autonome, autogestite, governate da traffici illeciti. Successivamente, dopo un tumultuoso processo, sono state riconosciute ufficialmente, in quanto ricche di relazioni sociali.

Quando Hanifan scrive sullo sviluppo, significa che esso rappresenta la creazione di qualcosa di tangibile che mira all'obiettivo di crescita e benessere per tutta la comunità.

Se quello di "capitale sociale" è un concetto astruso che include tre diversi passaggi, dove il primo è quello di sviluppare e identificare l'iniziativa dello sviluppo stesso; il secondo step prevede che individui e gruppi, costruiscano un network che permetta di facilitare gli scambi del capitale; infine il terzo stadio è quello della produzione dello sviluppo. In realtà come quella di Rocinha, i legami sociali rappresentano l'elemento di sopravvivenza di tutto il sistema.

Gli stessi legami sociali sono usati come motivo di inclusione sociale, di protezione contro povertà, pregiudizi e vulnerabilità. Il capitale sociale, però, non riguarda il numero di persone, bensì la loro abilità nell'organizzarsi e nel condividere azioni come gruppo coeso.

I livelli di analfabetismo sono molto alti e la mancanza di educazione mantiene la Favela sempre un passo indietro rispetto al resto della società; nonostante ciò la comunità è vitale, vibrante, flessibile, e pronta ad ac-
² Jamie Worms B.S. , "Evaluating Social Capital as it Affects Community Development in the Favelas of Rio de Janeiro", The University of Maryland at College Park, 2006.

cogliere il cambiamento.



Figura 2.5 Interazioni sociali in spazi pubblici.



Figura 2.7 Un uomo e il suo cane in motorino.



Figura 2.9 La capoeira.



Figura 2.6 Venditore ambulante.



Figura 2.8 Vita di strada.

Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016.



Figura 2.10 Un sorriso dall'asilo.
Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016.



Figura 2.11 Football. Foto di Veronica Muffatti
Aprile 2016.



Figura 2.13 Bambini che giocano. Foto di Chiara Naro, Ottobre 2016.



Figura 2.12 Bambini che giocano. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016.



Figura 2.14 Asilo nido. Foto di Andrea Suardi, Giugno 2016.



Figura 2.15 Bambino di Rocinha. Foto di Marta Giordano, Novembre 2016.

2.1.4 Tecniche Costruttive

La maggior parte delle abitazioni di Rocinha è realizzata dagli stessi abitanti. Fondamentalmente si tratta di forme semplici tutte simili tra loro, che consistono in due spazi principali: una stanza, in cui c'è una parte dedicata alla cucina, e un'altra usata come zona giorno e zona notte; e il bagno.

In base ai bisogni e alle possibilità economiche, le persone scelgono di ampliare le loro case, costruendo nuovi piani, uno sull'altro e così via; sul tetto ci sono le terrazze, che possono essere considerate delle piazze private, dal momento che a livello strada non esistono questi tipi di spazi dedicati all'aggregazione. Più si ha disponibilità economica, più è possibile adornare la propria abitazione con piastrelle o coloratissimi e caratteristici intonaci.

La tradizione costruttiva in Favela è molto forte: facilissimo trovare per strada negozi e attività commerciali che vendono materiali da costruzione.

Fortunatamente Rocinha non si trova in una zona sismica, motivo per cui i suoi laboriosi abitanti continuano a costruire, molto spesso senza utilizzare nessuna misura di sicurezza.

Tutti gli edifici hanno una semplice struttura di cemento armato e dei tamponamenti mattoni forati. La relativa posizione degli edifici è il risultato di un processo di adattamento naturale agli edifici esistenti e ai bisogni della popolazione, in relazione, anche, alla topografia e ai confini; nessun urbanista, architetto o ingegnere intervengono in tale processo.

In questa situazione, gli edifici non vengono realizzati seguendo specifici calcoli strutturali, essi sono costruiti su minime campate che sono considerate "sicure", in base alla

stessa esperienza e conoscenza; 3 metri x 3 metri con pilastri 15x15 cm è il modulo più usato. Le fondamentazioni, sono solitamente piattaforme profonde mezzo metro. Poco o nessun coprifermo viene utilizzato: qualcosa di inammissibile secondo gli standard italiani; eppure nessun problema grave di stabilità e sicurezza è stato riscontrato finora.

Appare spontaneo pensare che un siffatto processo di costruzione incontrollato e incontrollabile, proveniente dalla completa mancanza di pianificazione, corrisponde a una situazione in cui non vengono garantite le distanze minime tra gli edifici con il risultato di un insufficiente quantitativo di aria e luce all'interno delle abitazioni.

In tale peculiare situazione è obbligatorio considerare l'incombente presenza dei canali delle fognature a cielo aperto e l'accumularsi di ogni tipo di rifiuto in punti che sono molto difficili da raggiungere per il sistema di raccolta, che passa solamente per la strada principale.

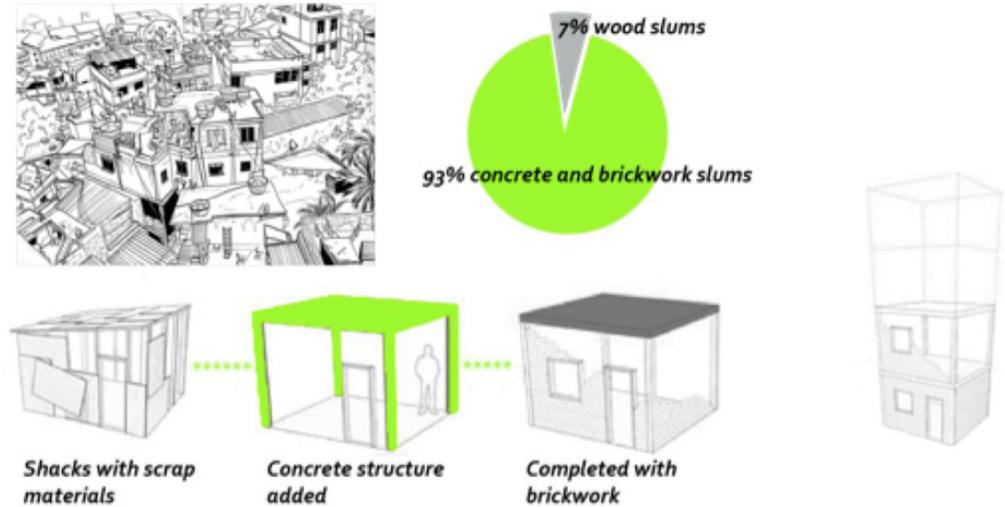


Figura 2.16 Tecniche costruttive a Rocinha.

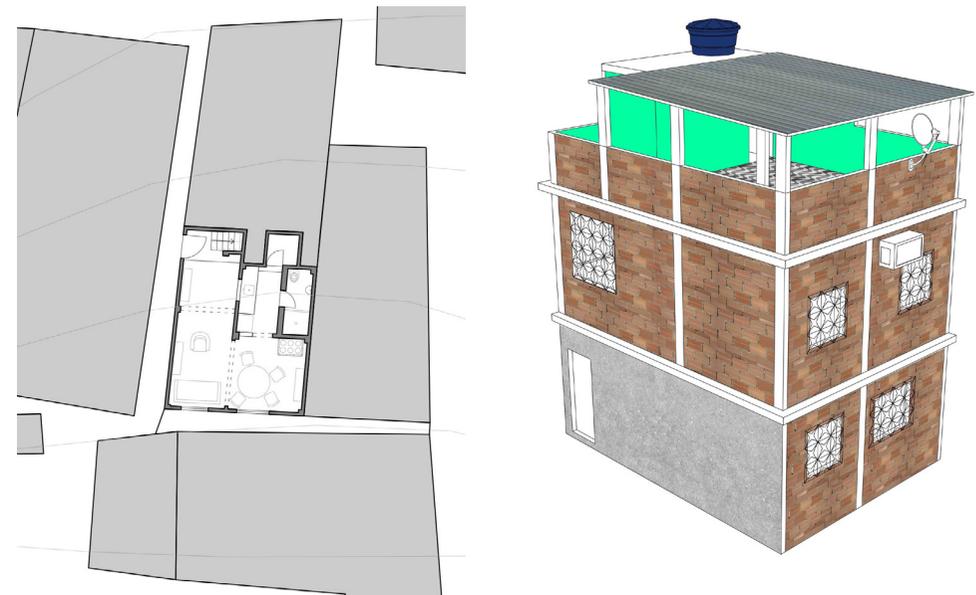


Figura 2.17 Pianta tipo.

Figura 2.18 Tipica casa in vista assometrica.



Figura 2.19 Edifici tipici.



Figura 2.20 Solaio in cemento e mattoni.



Figura 2.21 Dettaglio del solaio.



Figura 2.22 Mattoni utilizzati.



Figura 2.23 Realizzazione del solaio.



Figura 2.24 Travetti armati del solaio.

2.2 IMM (Integrated Modification Methodology)

IMM methodology è un utile strumento che permette di investigare sul caso di studio (un territorio, una città o una sua porzione) “in remoto”; idealmente, con dati e mappe aggiornati è possibile individuare le vulnerabilità di una realtà urbana e definire una lista di DOPs (design ordering principles) che sarà la base delle trasformazioni future necessarie. Non è necessaria alcuna esperienza diretta in sito. IMM col suo approccio scientifico, ha permesso di lavorare su Rocinha da lontano, cooperando con il team brasiliano della UFRJ, grazie al quale abbiamo avuto accesso a documenti e mappe ufficiali.

IMM è un approccio che cresce di volta in volta; per Rocinha, il sistema ha dovuto considerare condizioni estreme, come la crescita incontrollata, la mancanza di documenti, l'eccessiva densità demografica, e così via.



L' Integrated Modification Methodology vede la città come un CAS (Complex Adaptive System), suddiviso in 4 componenti di base: Volume, Void, Function e Transportation (horizontal analysis) e studia le relative relazioni nella vertical analysis (first level of superimposition): Porosity, Proximity, Diversity, Interface, Accessibility ed Effectiveness.

La metodologia determina infine altre 4 categorie: Compactness, Complexity, Connectivity e Management, che sono il risultato della sovrapposizione, a due a due, dei livelli verticali definiti prima (second level of superimposition).

Ciascun livello viene studiato numericamente ma anche rappresentato graficamente per descrivere la situazione corrente e le correlazioni che intercorrono tra le singole parti del CAS.

La prima parte della pianificazione viene avviata attraverso la scelta dei due catalizzatori, che non sono nient'altro che “i punti deboli” dell' horizontal e della vertical investigations. Successivamente, il secondo livello di sovrapposizione si suddivide in delle sottocategorie, i DOPs stessi che guidano ulteriormente la pianificazione e il design.

La parte più interessante della metodologia è il Retrofitting, la prova che le trasformazioni effettuate siano effettivamente utili, e che migliorino, o che non danneggino ulteriormente la situazione critica del CAS. In caso negativo il processo viene reiterato.

L'enorme quantità di dati considerati, quando il processo si ripete, viene confrontata di volta in volta.

Segue la definizione, in inglese, del manuale IMM:

“IMM® is International and multidisciplinary Design Laboratory for Urban Sustainability. Our work is driven by the principle that urban design can directly affect the quality of our environment; improve the energy performances as well as the quality of our lives making our future more sustainable and responsible. IMM® is the acronym of Integrated Modification Methodology, an innovative design methodology based on a specific process with the main goal of improving the CAS' (complex adaptive systems) energy performance, through the modification of its constituents and optimization the architecture of their ligands. Its approach is fundamentally

Holistic, Multi-Layer, Multi-scale. In this methodology, the city is considered to be a dynamic Complex Adaptive System comprised of the superimposition of an enormous number of interrelated components, categorized in different Layers or 'Subsystems', (also complex adaptive systems) which through their inner arrangement and the architecture of their ligands provide a certain physical and provisional arrangement of the CAS. The IMM® investigates the relationships between urban morphology and energy consumption by focusing mostly on the 'Subsystems' characterized by physical characters and arrangement; hence, the text casts spotlight on IMM phasing process. The main object of this design process is to address a more sustainable and better performing urban arrangement.”

“IMM® is a multi-stage, iterative process, applied to urban complex systems, for improving the performance of complex adaptive systems. It is intended to assist designers and decision-makers, providing them a fully-integrated design process plus a set of Design Ordering Principles to transform an existing urban context into a more sustainable one.

IMM® methodology through an interconnected Phasing Design Process shows how incorporating a wide range of issues makes it possible to improve the metabolism of the city as well as its energy performance.”

Rocinha, come è stato già accennato, rappresenta una sfida per tutto il team che sta utilizzando la metodologia IMM, in quanto è un caso del tutto peculiare, non standard e mai affrontato prima.

L'obiettivo è quello di modificare, migliorare e monitorare le trasformazioni in un'area decisamente vasta ed evidentemente molto complessa.

A tal proposito è necessario parlare di scale di azione: Rio de Janeiro sarà la globale; l'intera favela (che ha le dimensioni di una città) la media scala; le porzioni di essa, che verranno definite in seguito, rappresenteranno la piccola scala su cui si interverrà puntualmente con interventi di dettaglio per ciascuna area che viene identificata.

L'analisi considera inoltre le condizioni ambientali, l'efficienza energetica, includendo sistema di drenaggio, sistema fognario, trattamento dei rifiuti in un approccio quanto più sistemico possibile.

Lo scopo finale sarà quello di ottenere una soluzione sostenibile che potrà migliorare le condizioni di vita degli abitanti di Rocinha, incoraggiando l'inclusione sociale.

In questo capitolo verrà approfondito il modo in cui si è applicata la metodologia IMM in questo specifico progetto, passando dall'investigazione, dalla scelta dei catalizzatori, da quella dei DOPs per arrivare, infine, al Retrofitting.

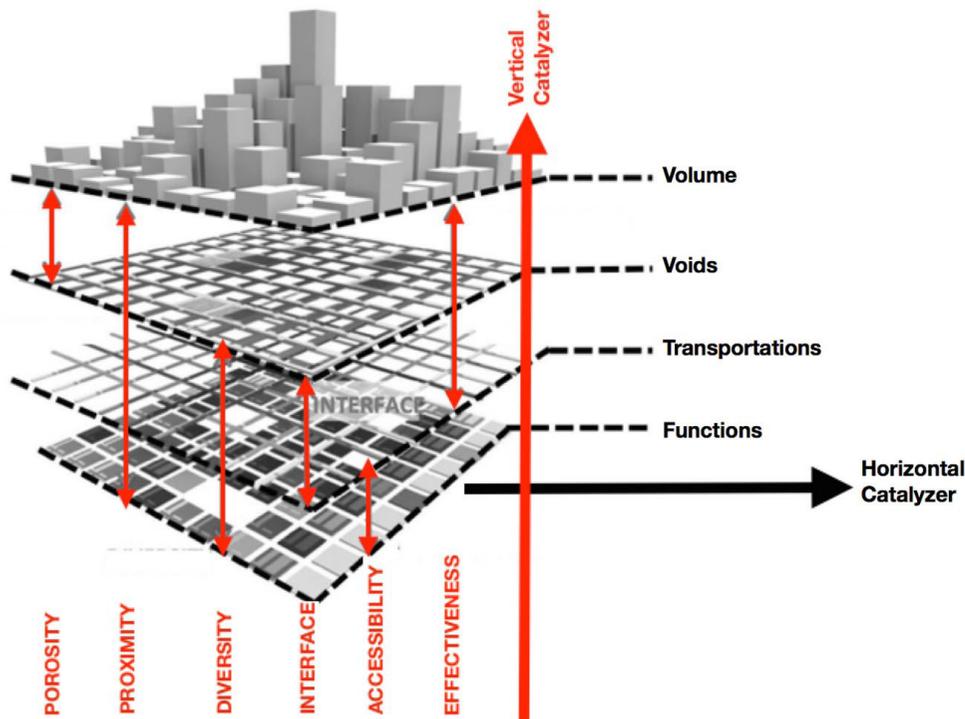


Figura 2.25 Il CAS, con i livelli horizontal (in nero) e vertical (in rosso)_fonte: immdesignlab.com.

1	1a	Horizontal Investigation	Dismantling the system to investigate	Actual CAS Arrangement	Investigation/ Observation & Measurement	
	1b	Vertical investigation	The actual value of Key Categories			
	1c	Actual performance of the system based on 12 indicators				Actual CAS performances
2	2a	Detection of the transformation's Horizontal and Vertical Catalysts and Reactants.		Catalysts selection and Reactants ordering	Assumption and Interpretation/ Formulation	
	2b	Assumption of the 12 IMM Ordering principles				DOP Arrangement
3	3a	Horizontal Modification	The catalyst drives the local transformation; changing the structure of the layers/Ligands	Catalyzers' Modification and chain reaction	Modification Intervention & Design	
	3b	Vertical Modification	Local transformation acts globally, changing the entire system's configuration			
4	4a	Performance of the new CAS based on 12 indicators		New CAS performances	Retrofitting	
	4b	Local modification/optimization is a process involving again the first level of superimposition for improving locally their performance. Local optimization works using selected tools/features: - Volume/Voids = Solar Gain; Wind Tunnel; - Volume/Function = Level of mixed use - Function/Voids = Function distribution - Transports/Voids = Number of intersection - Transports/Function= Service area control. - Transport/Volume= Catchment area control				Local modification of the new CAS
	4c	Universal indicators				

Tabella 2.3 Le fasi IMM_fonte: immdesignlab.com.

2.2.1 Fase 1: Investigation/ Analysis

Questa prima parte analizza l'attuale configurazione del CAS di Rocinha.

I risultati a cui si mira in questa fase sono:

- Comprensione della morfologia del CAS
- Individuazione delle categorie-chiave
- Valutazione delle attuali performances energetiche del CAS

Un CAS (Complex Adaptive System) è un insieme macroscopico e complesso di micro-strutture simili e parzialmente connesse che si adattano ai cambiamenti dell'ambiente e di ciascuna di esse.

Si definisce "complex" in quanto il sistema è dinamico, costituito da interazioni e relazioni, che cambiano anche al cambiare di un singolo elemento.

E' importante sottolineare che il comportamento dell'insieme non è prevedibile se viene osservato quello di un solo elemento.

Si definisce "adaptive" proprio perchè il comportamento del singolo e del totale cambia e si organizza a seguito di piccoli eventi o di un insieme di essi.

La scienza che studia la "Complessità" non abbraccia una singola materia, bensì comprende una cornice interdisciplinare.

Esempi tipici di CAS possono essere: il network macroeconomico di un Paese o un gruppo di Paesi; le colonie sociali di insetti; la biosfera e i suoi ecosistemi; il cervello e il sistema immunitario; qualsiasi tipo di gruppo sociale che segue una particolare ideologia o delle specifiche regole; le relazioni tra esseri umani e i computer.

Gli ambiti del CAS e, ad esempio, dell'intelligenza artificiale, sono molto vicini in termini di concetto. In entrambi i casi i principi di emergenza e auto organizzazione sono importanti.

Lo studio del CAS si focalizza sulle proprietà emergenti, complesse e macroscopiche del sistema.¹²

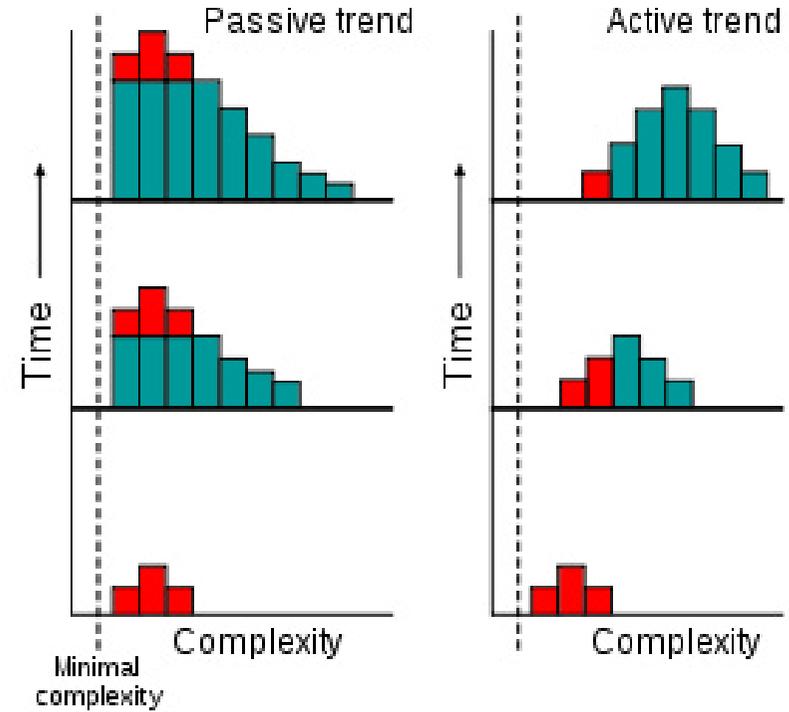


Figura 2.26 Mode passive versus mode attive nell'evoluzione della complessità. Il CAS all'inizio del suo sviluppo (in rosso). I cambiamenti sono mostrati nell'altezza delle barre.

1 D. Calvin Andrus, "Toward a Complex Adaptive Intelligence Community The Wiki and the Blog", cia.gov. Retrieved, 25 August 2012.

2 Samuel Solvit, "Dimensions of War: Understanding War as a Complex Adaptive System", L'Harmattan, Retrieved, 25 August 2013.

2.2.1.1 Horizontal Investigation

Il primo step è quello dell' horizontal Investigation, come analisi preliminare, che divide il CAS nei quattro livelli di base.

Si tratta dell'analisi della morfologia e delle infrastrutture del sistema, si ottengono, quindi, i seguenti sottosistemi:

- Volume;
- Void;
- Function;
- Transportation.

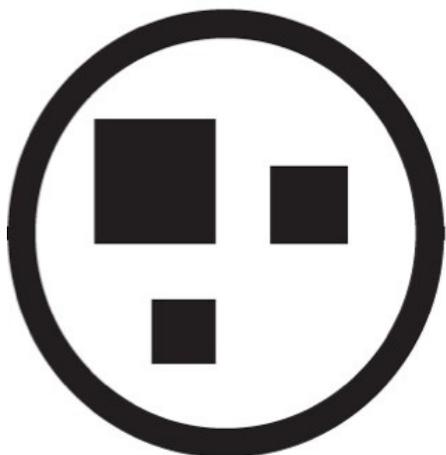
Si procede con la descrizione di ogni singolo livello, separatamente, ai fini di individuare le singole caratteristiche e di comprendere lo specifico caso di studio in questione in termini di morfologia (Morphology), di aspetti socio-culturali (Typology) e artificiali (Technology).



Figura 2.27 La divisione del CAS nei suoi quattro livelli orizzontali_ fonte: immdesignlab.com.

Horizontal Investigation	Volume	Built volume density, Dwelling density, Human density	$V_1 = V_{\text{built}} / \text{Area}$
	Void	Open space area	$V_d = V_{\text{open}} / \text{Area}$
	Function	Job density, Number of legal entities in the intervention area	$F_n = J_{\text{number}} / \text{Area}$
	Transportation	Number of carried out urban trips	N_{tr}

Tabella 2.4 Procedura della suddivisione (Le formule sono ancora in via di definizione)_ fonte: immdesignlab.com.



In seguito del fatto che costruire in favela è facile ed economico, che non c'è alcuna pianificazione che regola la caotica proliferazione di edifici, che sorgono spontaneamente e in autocostruzione, la presenza di volumi in Favela è davvero massiva, soffocante, e ad di fuori di ogni controllo.

Si parte da fabbricati di 1-2-3 piani, per arrivare anche a 11.

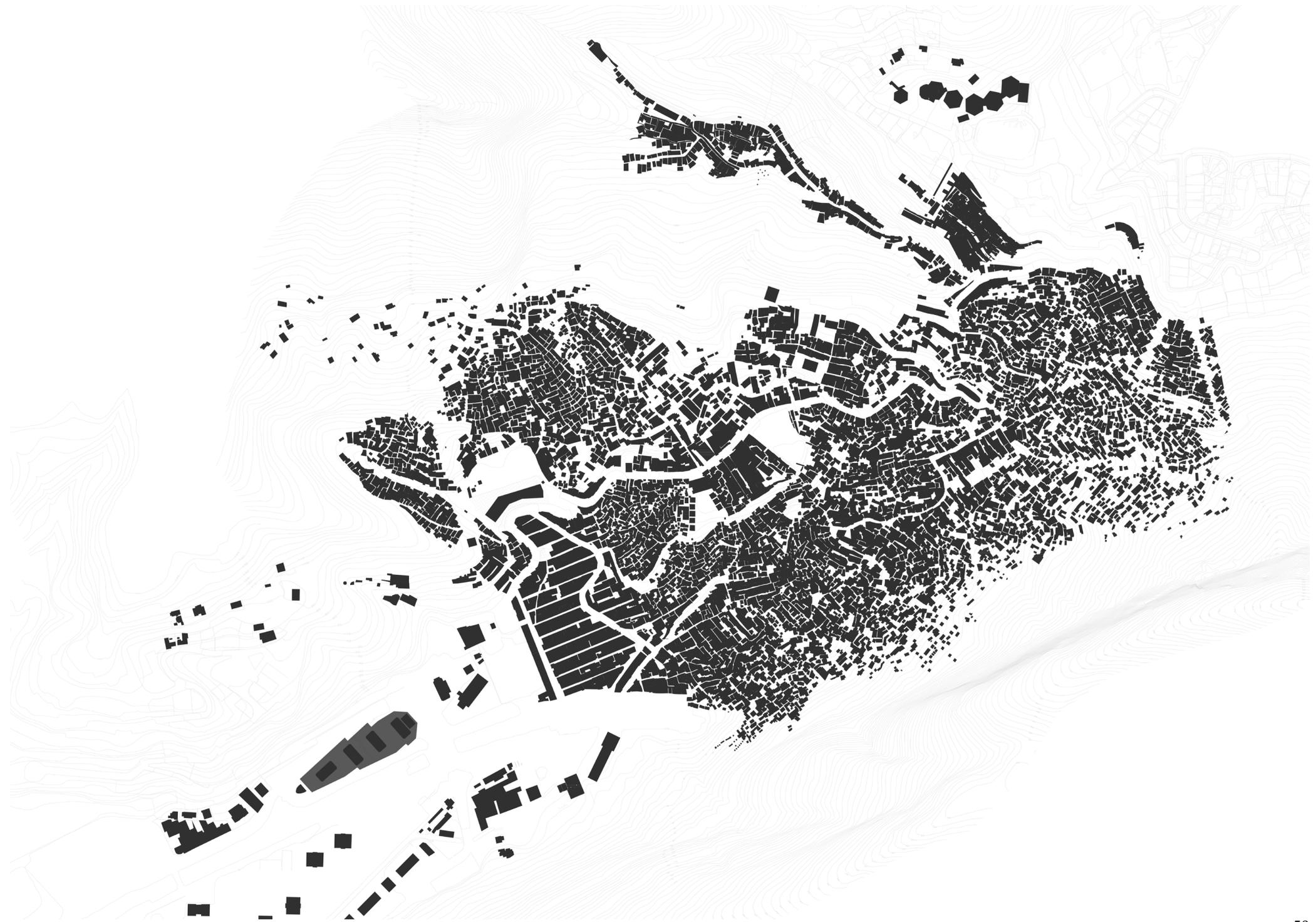
Proprio a causa di questa forte presenza di volumi, ci sono pochissimi spazi aperti che possano garantire luminosità e salubrità. Considerando anche l'elevata densità demografica, la maggior parte dei residenti vive in condizioni critiche: cattiva igiene, mancanza di un sistema di trasporto capillare, assenza di spazi pubblici multifunzionali.

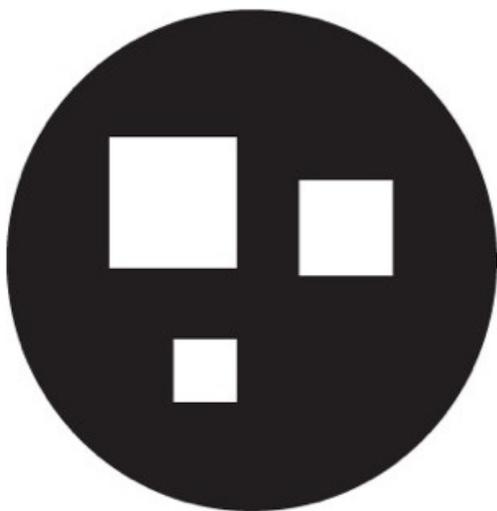
Come mostrato nella mappa accanto, la parte centrale della Favela di Rocinha è molto densa e compatta. Man mano che ci si

allontana dal nucleo, ci sono edifici sempre più radi, fino ad arrivare in prossimità dell'autostrada collocata a Sud, e della foresta che delimita la favela a Nord.



Figura 2.28 I volumi di Rocinha.





Rocinha è considerata la favela più grande e densa del Sud America.

La mancanza di un'adeguata rete urbana porta a diversi problemi, soprattutto per quanto riguarda l'igiene e la sicurezza.

Mancano idonei spazi pubblici aperti e non ci sono salubri.

Gli edifici costruiti dagli abitanti stessi, sono così vicini gli uni agli altri che la ventilazione e la luce naturale sono minime se non nulle.

Gli edifici sono costruiti in meno di 24 ore, adeguati successivamente in modo da poter supportare i piani che verranno aggiunti.

Il fatto peggiore è che tali cattive condizioni igienico-sanitarie fanno sì che gli abitanti della Favela vengano esclusi in modo pregiudizievole dalla vita della città appena varcano i confini della favela da cui provengono.

Grazie alla mappa dei vuoti, è stato possibile stimare l'effettivo numero di abitanti di Rocinha, completamente diverso da quello ufficialmente dichiarato, calcolando il volume degli edifici.

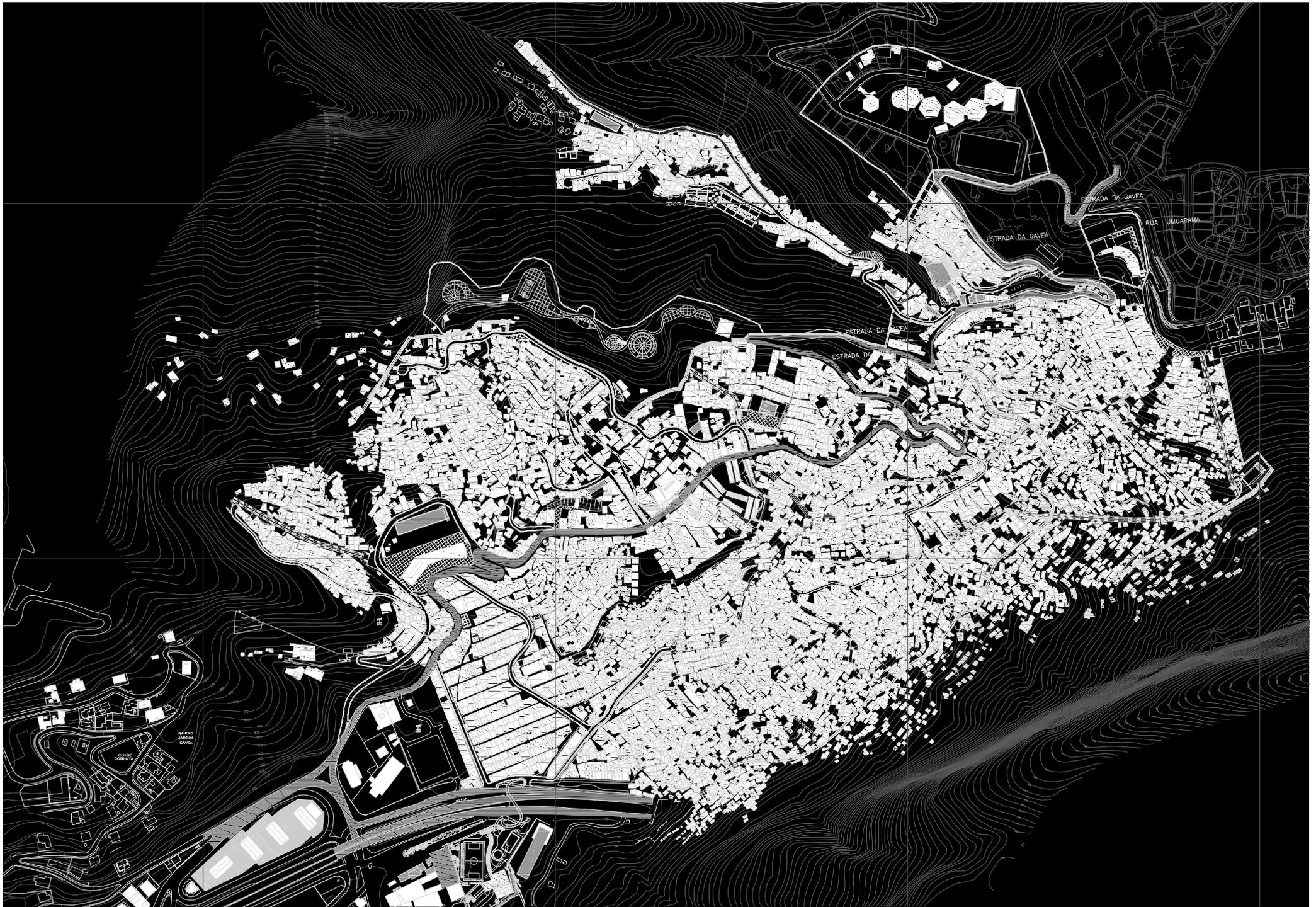
Secondo questa stima, l'80% di Rocinha è spazio costruito, poiché si registrano 685,000 metri quadrati occupanti 850,000 metri quadrati di superficie.

In questo modo si hanno 2,000,000 metri quadrati non utilizzati (di vuoti).

Se si considerano 20 metri quadrati a persona, si ottengono, quindi, 101,000 abitanti in totale.



Figura 2.29 I vuoti di Rocinha.





Per intercettare tutte le funzioni esistenti a Rocinha, si è iniziato a studiare sia le ultime mappe aggiornate fornite dalla Municipalità, sia lo strumento semplice, ma preciso, di Google Maps.

In questo modo è stato possibile rendersi conto di come può essere la vita all'interno della favela.

Subito è apparso chiaro come tutte le funzioni, con l'esclusione di pochissime, sono concentrate nella parte Sud-Ovest di Rocinha, e lungo la strada principale.

Dopo una prima analisi, in cui si sono considerate le funzioni principali, una seconda suddivisione è stata realizzata, in particolare si sono definite le funzioni: commerciali, di servizio, educative, religiose, alimentari.

Purtroppo un occhio estraneo a una realtà del tutto particolare come la presente, non è in grado di vedere cose è importante o meno per chi vive in questa situazione.

Grazie alla collaborazione con il gruppo di brasiliani della UFRJ, è stato possibile ottenere una lista più specifica di funzioni in

relazione a ciò che è più importante per chi vive all'interno della comunità.

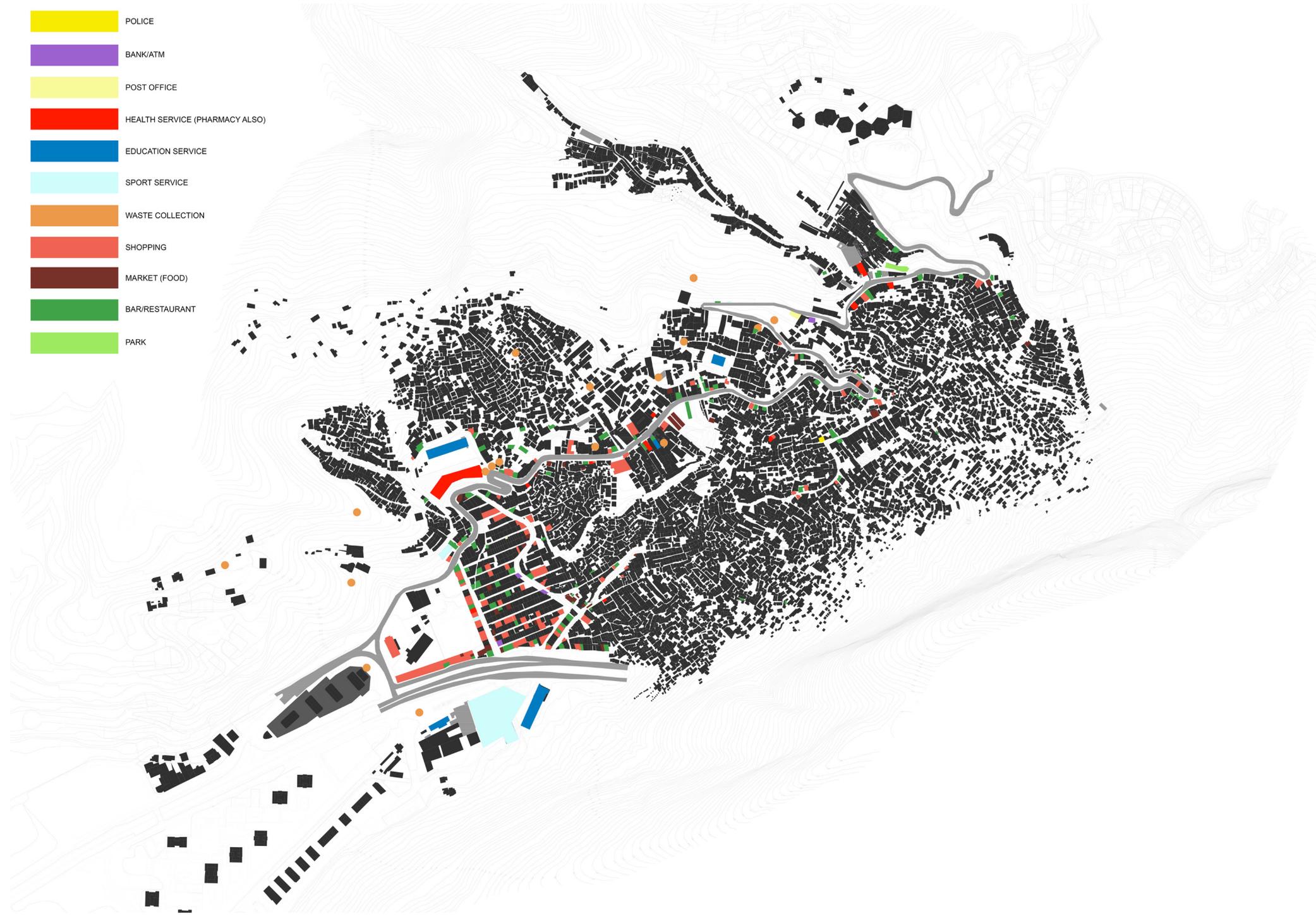
Si è così costituita una lista di 11 funzioni principali:

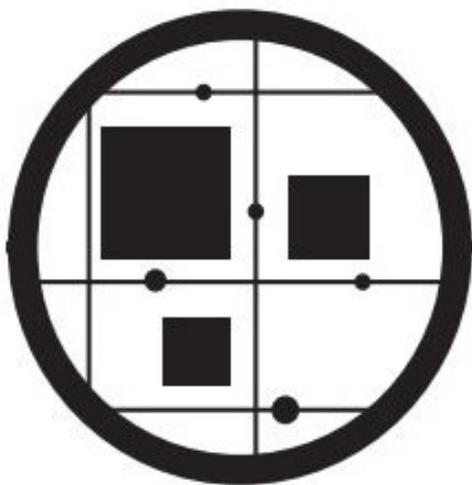
servizi sanitari, educativi, sportivi, mercati, (cibo e beni di prima necessità), shopping (altri beni), bar e ristoranti, polizia, posta, banche/Atm, raccolta dei rifiuti, parchi.

Dopo aver avuto l'opportunità di visitare il sito, è stato possibile osservare una realtà fino a quel momento virtualmente idealizzata: Rocinha è una comunità attiva e vibrante, densa di funzioni, oltre che di persone ed edifici.

La mappa che segue riporta l'ultima definizione di funzioni, la loro posizione e disomogenea distribuzione, dando uno spunto per i possibili interventi.

- POLICE
- BANK/ATM
- POST OFFICE
- HEALTH SERVICE (PHARMACY ALSO)
- EDUCATION SERVICE
- SPORT SERVICE
- WASTE COLLECTION
- SHOPPING
- MARKET (FOOD)
- BAR/RESTAURANT
- PARK





Per considerare il sistema di mobilità di Rocinha, sono stati definiti tre diversi tipi di trasporto della favela:

- Autobus (che provengono da diverse parti di Rio de Janeiro)
- Minibus
- Moto Taxi

Successivamente si è notato che Rocinha ha anche una fermata della Metro di Rio de Janeiro, nella parte Sud. Tale fermata chiude molto presto di sera per ragioni di sicurezza.

Si è cercato di descrivere il percorso che intraprende ogni tipo di mezzo di trasporto, ma, ovviamente, per quanto riguarda le tratte che effettuano i moto taxi, che sono un modo del tutto irregolare, ma molto utilizzato in Favela, è stato difficile interpretarne i movimenti, ma si è pensato che questi possano raggiungere ogni angolo possibile. Per ovviare a questo problema è stato chiesto alle persone residenti quali sono i punti in cui si può salire su questo taxi speciale e quali sono i percorsi che generalmente si intraprendono.

L'analisi IMM descrive anche, solitamente attraverso delle aree di captazione circolari, una distanza di 400 metri attorno a ogni fermata di un mezzo di trasporto. Questi 400 metri dovrebbero essere percorribili in 5 minuti a piedi.

A causa della particolare morfologia di Rocinha, del tipo di strade, della collina su cui sorge, in questo caso, e per la prima volta per IMM, è stato usato un approccio differente.

Invece di utilizzare i classici cerchi intorno alle fermate, sono state individuate delle aree irregolari che seguono sia l'andamento del terreno, sia la presenza di edifici, sempre

tenendo conto dei 5 minuti di camminata. Per fare ciò è stato utilizzato un sofisticato software online che può essere trovato sul sito www.walkalytics.com.

In seguito tutte le forme irregolari ottenute sono state sovrapposte, in modo da poter meglio interpretare quali sono i punti in cui è più facile salire e scendere da un mezzo, piuttosto che da un altro.

Per ciò che concerne le fermate metro, dal momento che ognuna di esse, a Rio de Janeiro, è molto distante da quella che la precede e da quella che la segue, si è optato per un raggio d'azione che considera 15 minuti, invece che 5.

Ciò che appare evidente dall'analisi e dalla sovrapposizione di tutti gli strati, che solitamente la parte Sud della Favela e la strada principale, Estrada da Gavea, sono ben servite; inoltre è possibile notare la presenza di molte aree vuote in cui si impiegherebbero più di 5 minuti per spostarsi.

Si può concludere che ci sono aree che sono ben servite, con un alto livello di prossimità e diversità in termini di trasporto; d'altro canto è visibile come alcune aree siano invece completamente escluse dal servizio di trasporti.

Tutto ciò sta ad indicare una chiara disomogeneità nella distribuzione dei trasporti, causata soprattutto dall'assenza di spazi e passaggi liberi.

-  AURORUS
-  Bus Stop
-  Bus Line
-  TAXI BUS
-  Taxi Bus Stop
-  Taxi Bus Line
-  MOTO TAXI
-  Moto Taxi Parking
-  Moto Taxi Line
-  HIGHWAY
-  METRO
-  Metro station



2.2.1.2 Vertical investigation. First Level of Superimposition (F.L.S)

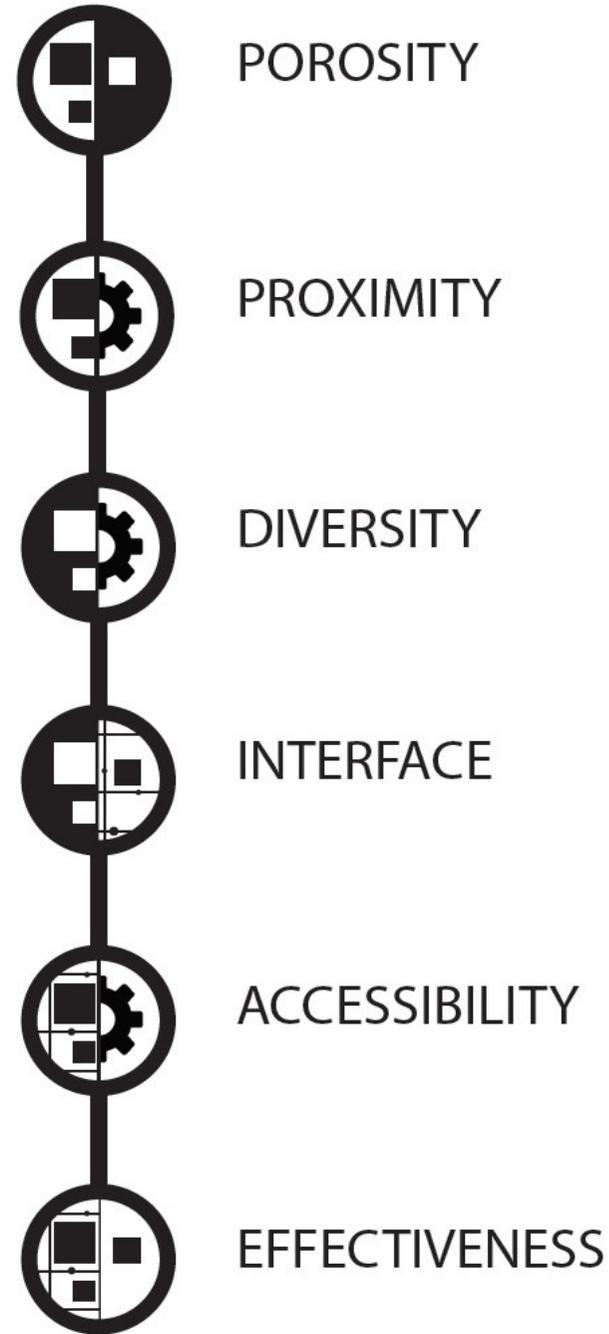
La vertical Investigation consiste nel sovrapporre i livelli definiti in precedenza nell'horizontal Investigation.

Tale sovrapposizione è cruciale per ottenere risultati di supporto all'analisi delle prestazioni del sito che si sta analizzando.

Essa rappresenta il secondo step dell'analisi IMM. Questa simbiotica integrazione di strati crea, a sua volta, una differenziazione in categorie (Morphological, Typological e Technological) chiamate 'Key Categories' (KCs); ciascuno strato, comunque, può essere usato in fase progettuale per analizzare e comprendere il contesto e la situazione attuale in cui si trova il CAS di studio in cui si deve intervenire.

La vertical Investigation è una vera e propria ricerca sulla configurazione comprensiva del CAS. A tale scopo è richiesta una particolare attenzione nella descrizione delle correlazioni tra i diversi sottosistemi (Global configuration) per poter poi assegnare un ruolo specifico a ciascuno di essi.

Lo scopo è quello di analizzare e comprendere come i livelli dell'horizontal Investigation (Volume, Void, Function, Transportation) sono correlati tra loro.



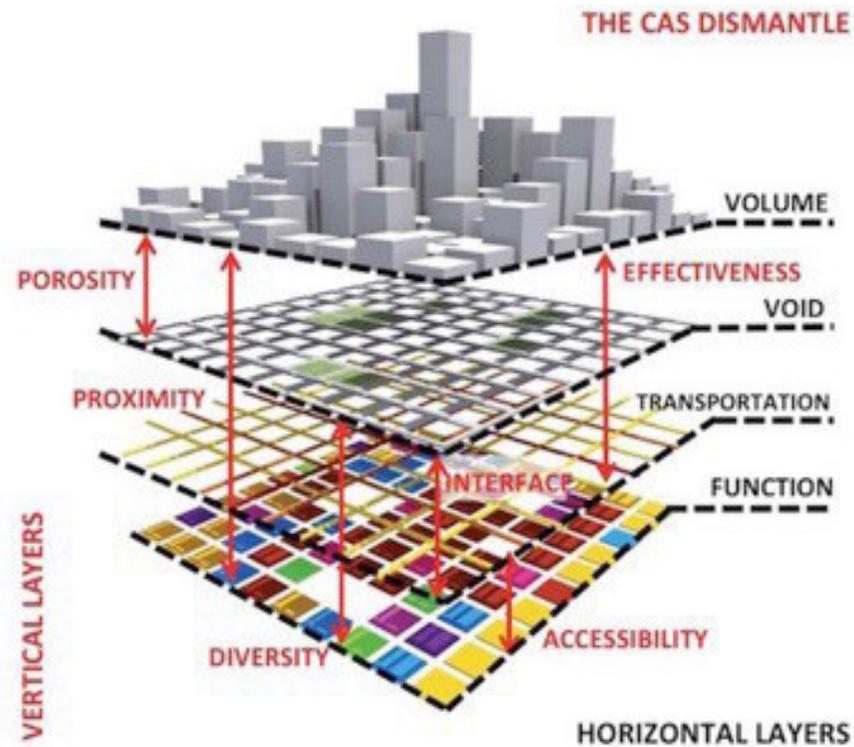
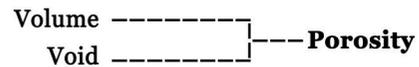
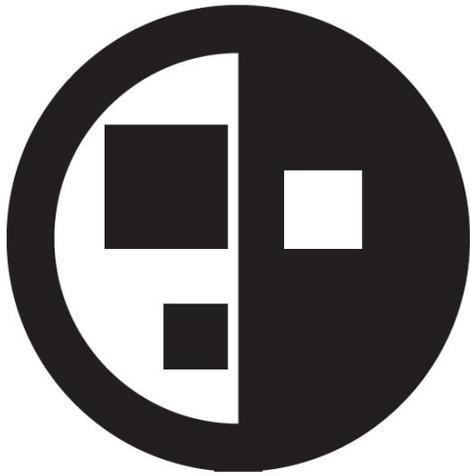


Figura 2.30 Vertical Investigation.
La configurazione del CAS è data dalla correlazione tra i suoi sottosistemi (Global configuration)_fonte: immdesignlab.com.

Layers' superimposition	F.L.S (Key Categories)	S.L.S	Determinants	Energy efficient form
Volume / Void	Porosity	Compactness	Morphology	
Volume / Function	Proximity			
Function / Void	Diversity	Complexity	Typology	
Transportation / Void	Interface			
Transportation/ Function	Accessibility	Connectivity	Technology	
Transportation / Volume	Effectiveness			

Tabella 2.5 Procedura della suddivisione (Le formule sono ancora in via di definizione)_fonte: immdesignlab.com.



Definizione:
sovrapposizione di Volume e Void.

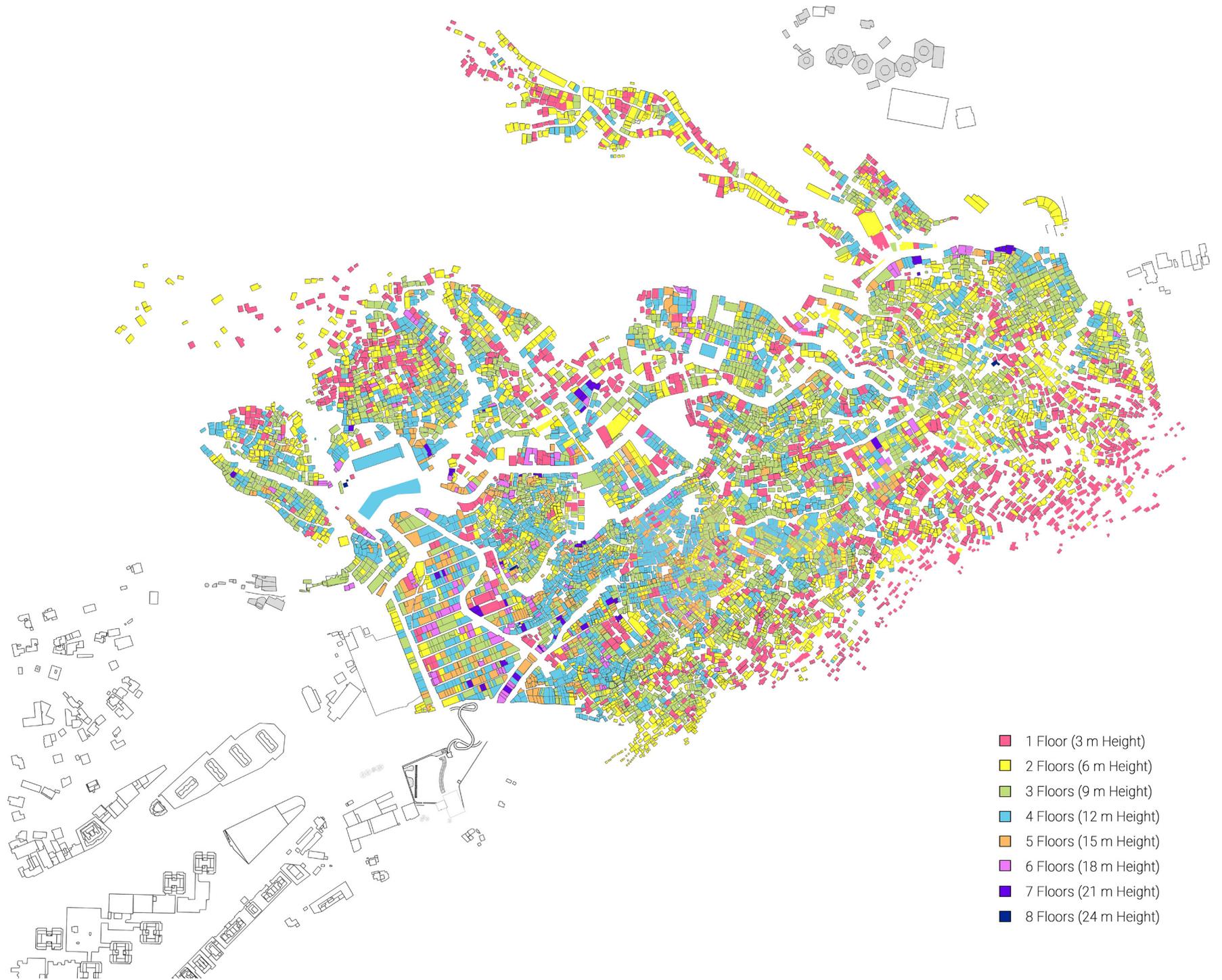
La mappa della Porosity cambia a seconda del contesto e delle condizioni al contorno a cui viene applicata.

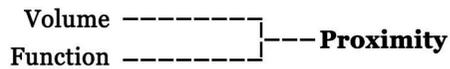
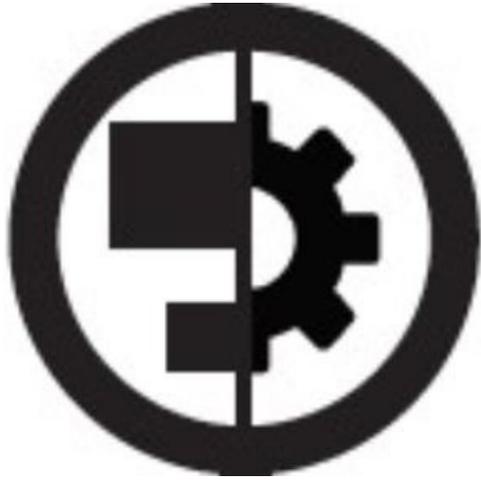
La Porosity può anche essere definita come "void fraction", in quanto misura degli spazi vuoti, in termini di volume vacante all'interno del volume totale.

Il processo:

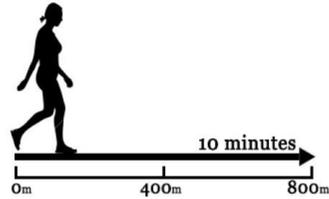
Per delimitare un volume all'interno del contesto urbano, è stato considerato il concetto delle isole di calore, definite come zone che ricoprono l'aggregato urbano che presentano temperature superiori rispetto al contesto. Attraverso tale definizione, ogni ambiente è unico nella sua morfologia.

Il primo passo, dunque, è quello di sovrapporre le due mappe, Volume e Void, per ottenere la base della Porosity. Usando la mappa "Plano diretor socio-espacial da Rocinha" realizzata da Luiz Carlos Toledo, sono state evidenziate, usando colori differenti, le diverse altezze degli edifici. In questo modo si è potuto ottenere un quadro generale della morfologia in alzato di Rocinha. Successivamente è stato sviluppato un modello 3D per calcolare i volumi e, di conseguenza i vuoti, utilizzando i softwares SketchUp e Rhinoceros.





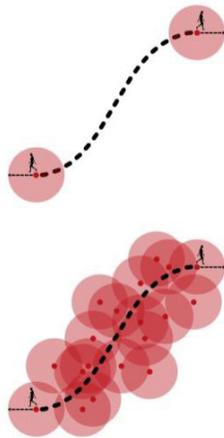
- Key Functions: Contextual
- Walking Distance: Normally between **400m to 500m**



A Typical Suburb



Copenhagen City Center



Definizione:
sovrapposizione di Volume e Function.

La Proximity è il numero dei differenti tipi di funzione in una determinata distanza percorribile a piedi.

Una delle possibili maniere per valutare tale numero è definire una scala. Praticamente questo concetto è direttamente relazionato alla fruizione di uno spazio raggiungibile a piedi; considerando il numero di "funzioni raggiungibili".

Le 11 Key Functions sono state definite precedentemente per l'horizontal investigation.

Ogni caso di studio presenta diverse funzioni chiave, in base al contesto in cui ci si trova. Nel processo di valutazione, la Proximity dipende dal numero di queste funzioni. La scala urbana, nel caso di Rocinha, è quella in cui è definito questo layer verticale.

Per utilizzare al meglio l' IMM methodology, allo stesso modo in cui si è studiato il layer orizzontale Transportation, è stato adoperato il software Walkalytics, che al momento è l'unico strumento in grado di descrivere, sulla base di algoritmi che considerano diversi e molteplici fattori, i 5 minuti a piedi che occorrono per raggiungere un punto, piuttosto che un altro.

Ancora una volta, è importante notare come, alla fine del processo, si sovrappongono i diversi colori delle diverse funzioni. In pratica dove si osserva un colore indefinito, dato dalla sovrapposizione, è dove la Proximity è più forte, e quindi dove la città è più ricca di funzioni vicine; al contrario, dove i colori sono meno intensi e omogenei, significa che ci sono poche funzioni vicine o che queste non sono diversificate.

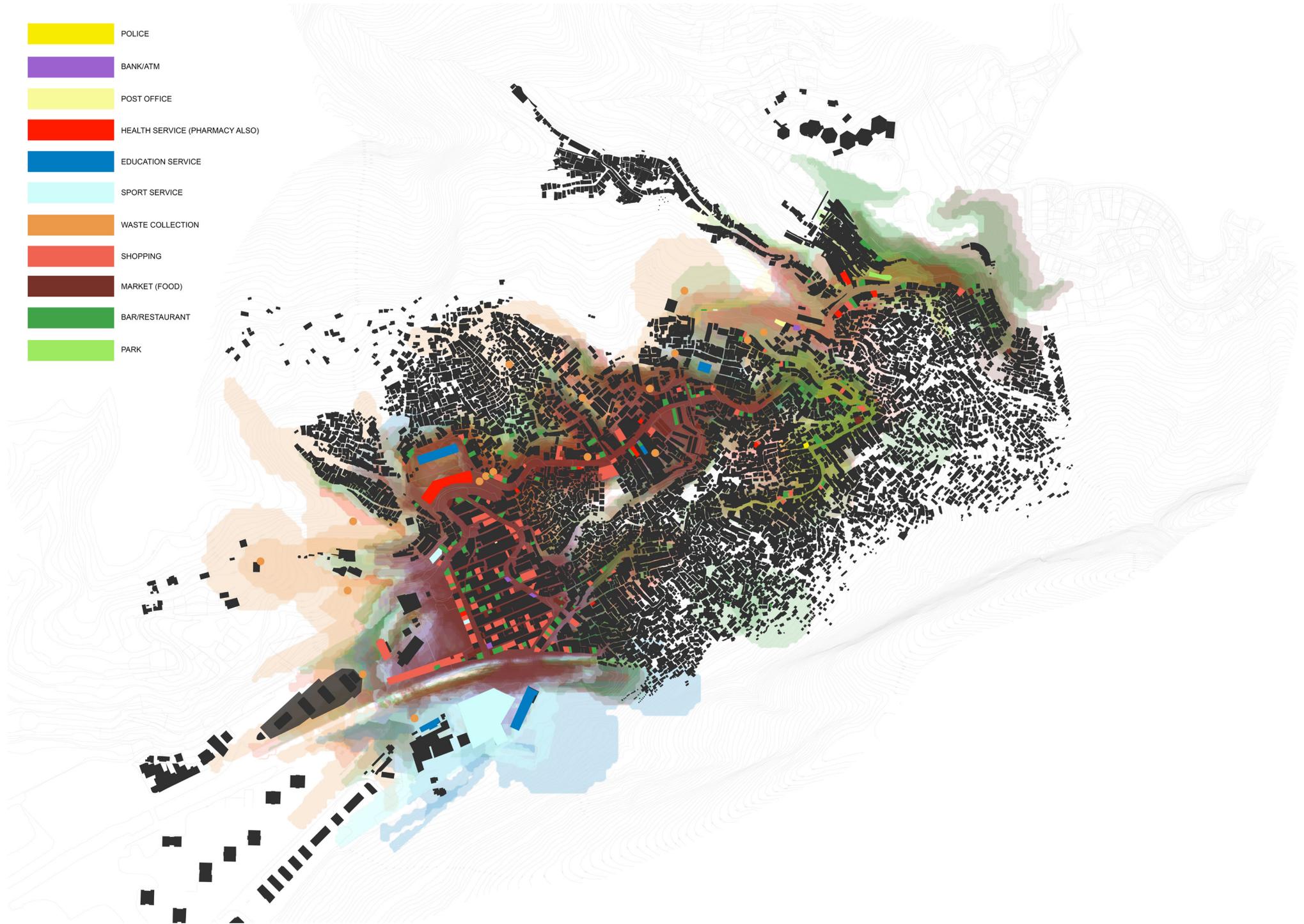
Di nuovo appare chiaro, come se fosse una

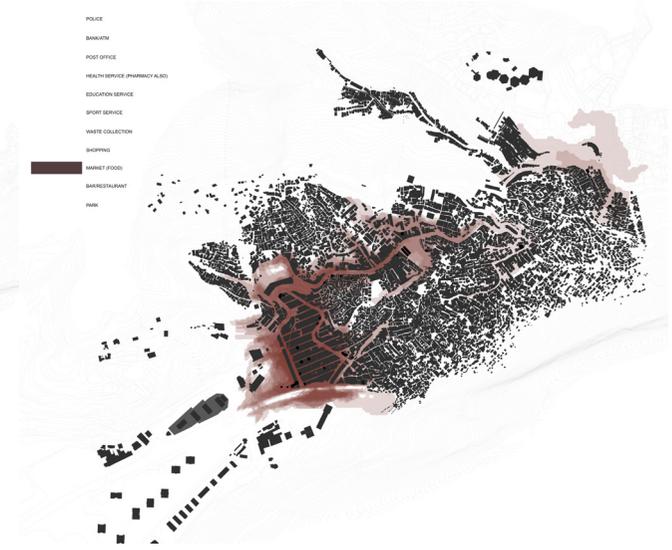
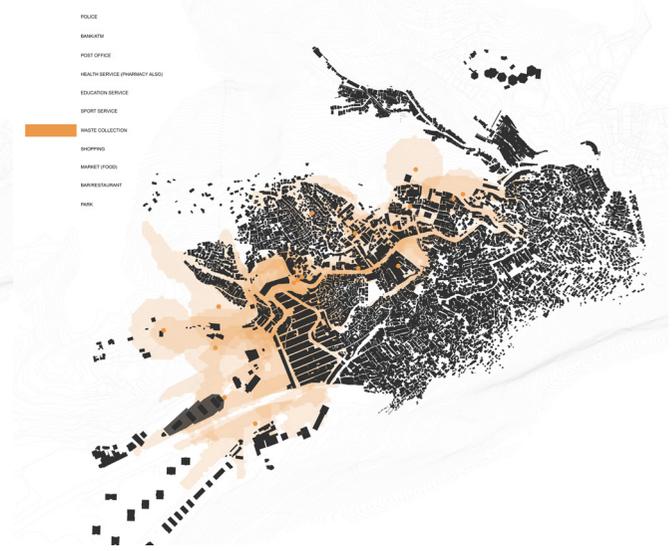
conferma dell'horizontal investigation, che la parte più servita della Favela è quella a Sud-Ovest e quella lungo l'arteria principale rappresentata da Estrada da Gavea. Come è possibile osservare, la migliore Proximity si ha proprio in queste due zone.

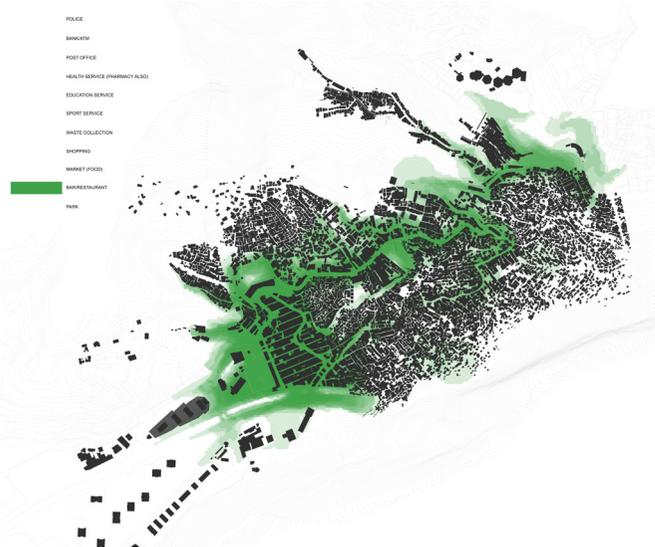
Si può concludere, infine, che ci sono aree che sono ben servite per quanto riguarda le funzioni, come del resto accade per il Transportation; niente di strano che le aree più ricche di funzioni, sono le stesse che godono sia di un migliore servizio di trasporti, sia di un'ottimale Porosity. Questo fa pensare, ancora una volta, che la mancanza di servizi, di infrastrutture è dovuta essenzialmente alla mancanza di spazi.

Figura 2.31 Esempi di Proximity_fonte: immdesignlab.com.

- POLICE
- BANK/ATM
- POST OFFICE
- HEALTH SERVICE (PHARMACY ALSO)
- EDUCATION SERVICE
- SPORT SERVICE
- WASTE COLLECTION
- SHOPPING
- MARKET (FOOD)
- BAR/RESTAURANT
- PARK









Void -----
Function ----- } ----- Diversity

Definizione:
sovrapposizione di Void e Function.

Per IMM, Diversity è ciò che collega le funzioni del CAS in un determinato contesto vuoto. Lo spazio, o meglio, la vita tra gli edifici è classificata in tre diverse sottocategorie:

- Attività necessarie regolari
- Attività necessarie occasionali
- Attività opzionali

Lo scopo di tale analisi è quello di unire ogni singola funzione al vuoto che la circonda, per comprendere quanto "diverso" sia ogni punto "libero".

Il risultato di questa correlazione evidenzia la differenziazione delle funzioni in ciascuna zona.

Gli spazi sono divisi in base a usi e funzioni, dopo di ciò tali funzioni vengono raggruppate secondo le categorie di cui sopra.

Le attività regolari sono quelle di cui la comunità ha bisogno costantemente, come, ad esempio, i servizi educativi.

Le attività occasionali, seppur necessarie, sono quelle a cui si fa ricorso all'occorrenza, come, ad esempio un ospedale.

Le attività opzionali sono quelle non necessarie che dipendono essenzialmente da una scelta operata da un singolo individuo, o un gruppo, e sono essenzialmente legate al tempo libero, come, ad esempio un bar o un ristorante.

Prima di tutto, dopo aver preso le funzioni dall'horizontal investigation, esse sono state suddivise nelle tre categorie.

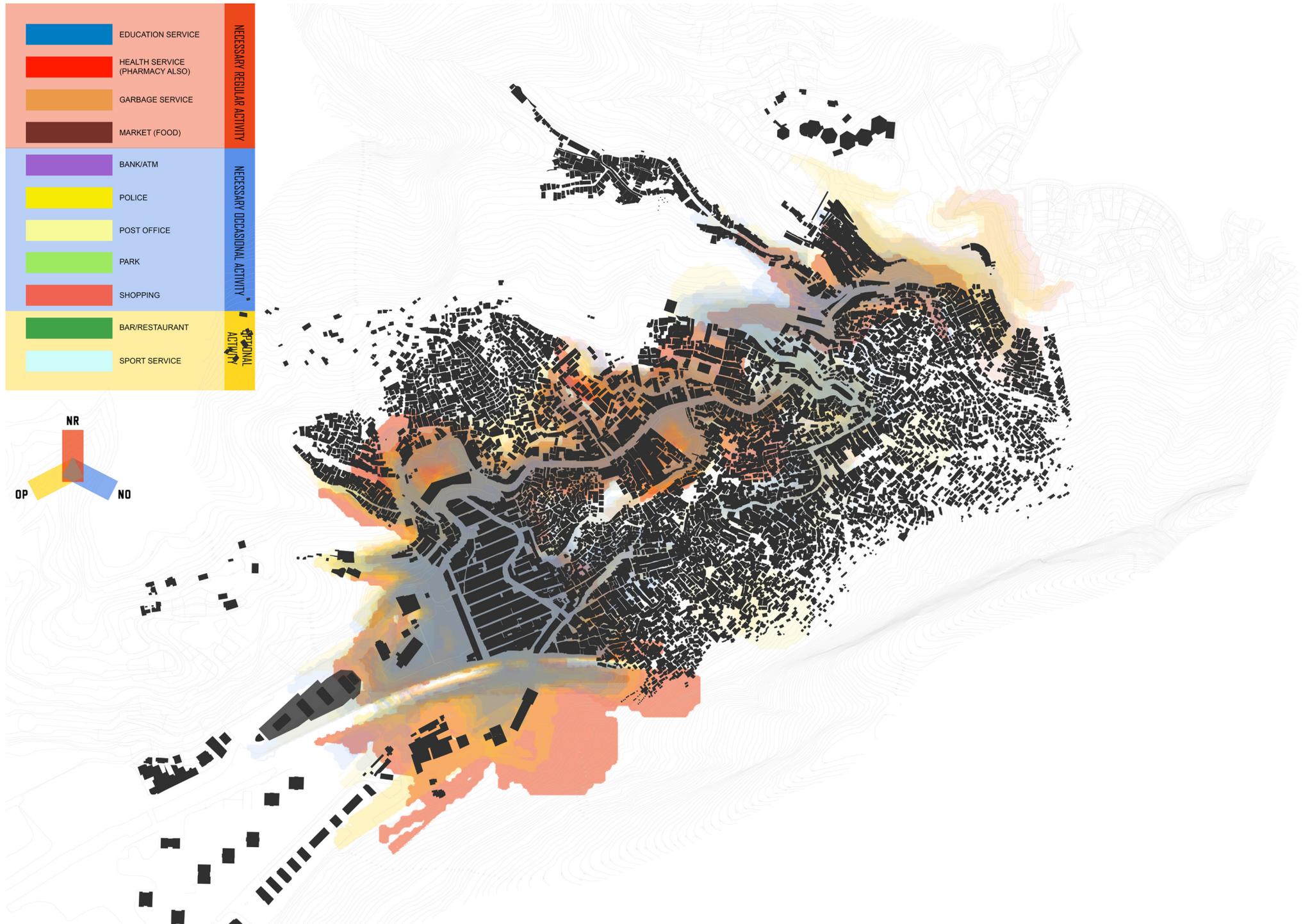
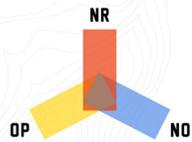
Nel caso in esame, tenendo conto dell'opinione del team brasiliano della UFRJ, le funzioni sono state suddivise in questo modo:

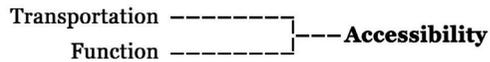
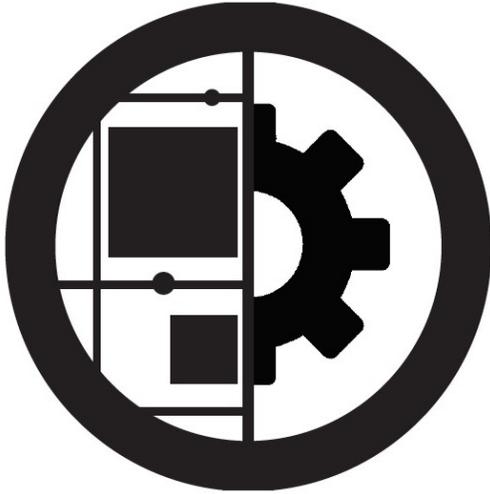
- necessarie regolari: servizi educativi, raccolta dei rifiuti, mercato;
- necessarie occasionali: servizi sanitari, banche, polizia, posta, negozi;
- Opzionali: parchi, bar e ristoranti, servizi sportivi.

Per ciascuna delle categorie è stato scelto un colore (Rosso=NR, Blu=NO, Giallo=Op); si è deciso, poi, di evidenziare le aree "coperte" da ogni categoria, sempre utilizzando l'ormai preziosissimo Walkalytics tool.

In questo modo vengono considerati i vuoti sopra i quali il raggio d'azione delle funzioni si "spalma".

L'aspetto finale della mappa mostra ancora come le aree ben servite individuate precedentemente, siano anche quelle che godono di una maggiore "diversità" rispetto alle altre.





Definizione:
sovrapposizione di Transportation e Function.

L' Accessibility è il numero di funzioni e lavori che vengono praticati dagli abitanti della favela in un'area, raggiungibili percorrendolo lo spazio in 20 minuti usando il trasporto pubblico.

Lo scopo di questa analisi è capire come le funzioni chiave si distribuiscono considerando i nodi principali di trasporto.

In questo modo le parti meno servite saranno evidenziate automaticamente, in termini di aree non facilmente accessibili o non accessibili affatto.

La situazione di Rocinha, come è evidente, e come è già stato detto, è uno particolare caso di studio con cui IMM si confronta per la prima volta.

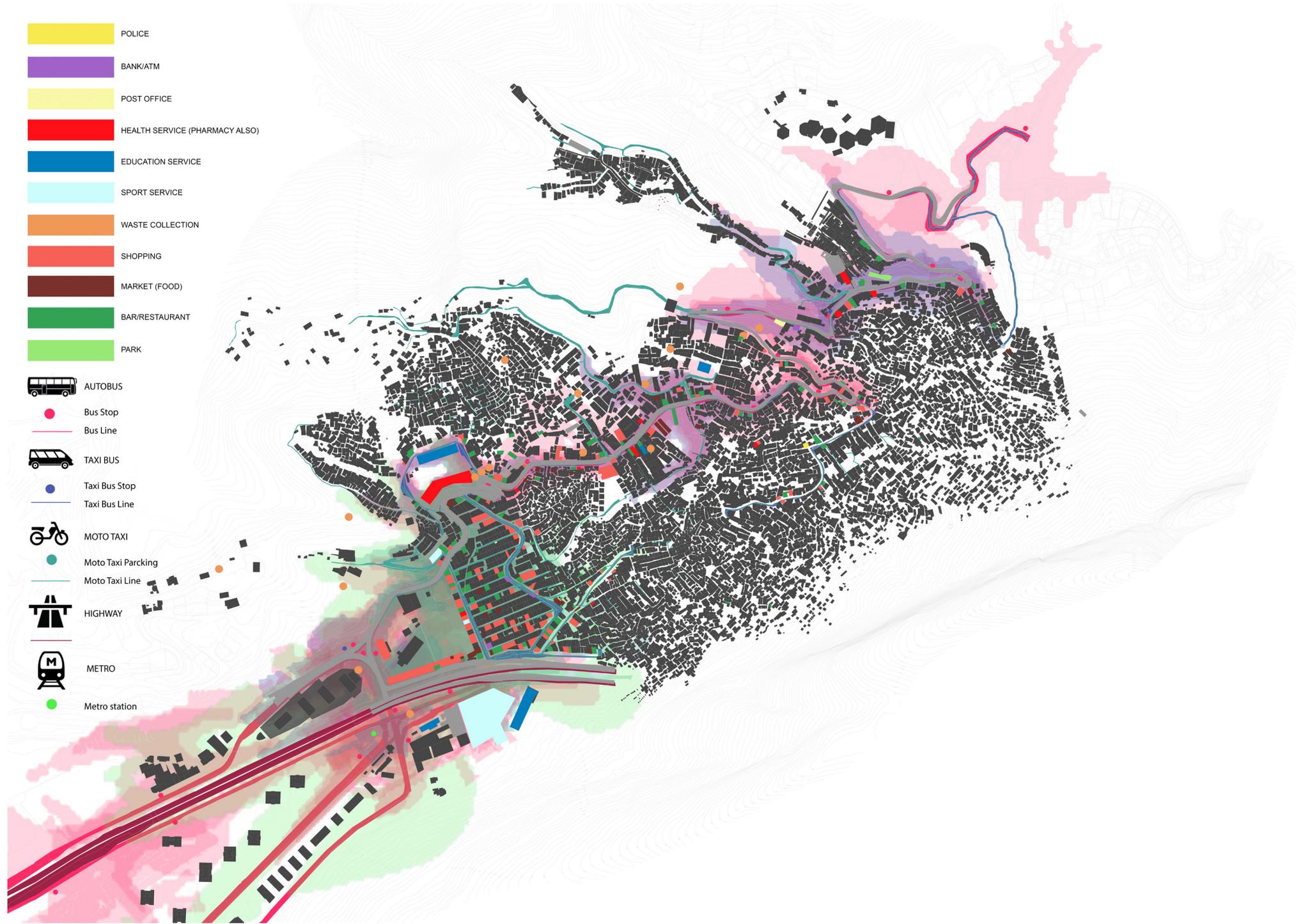
Sarebbe facile sovrapporre la mappa Transportation con la mappa della densità dei lavori praticati in Favela, se solo si avessero dati disponibili per quanto riguarda proprio i lavori che si svolgono.

Fortunatamente, grazie alle analisi precedentemente realizzate, è stato facile dedurre la posizione e la concentrazione delle funzioni e delle fermate dei trasporti pubblici: nella parte Sud-Ovest e lungo la Estrada da Gavea.

Si è assunto, dunque, che tutte le funzioni, fatta eccezione per qualcuna nascosta all'interno della Favela, siano ben accessibili.

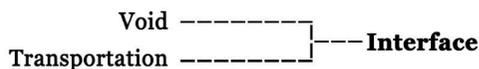
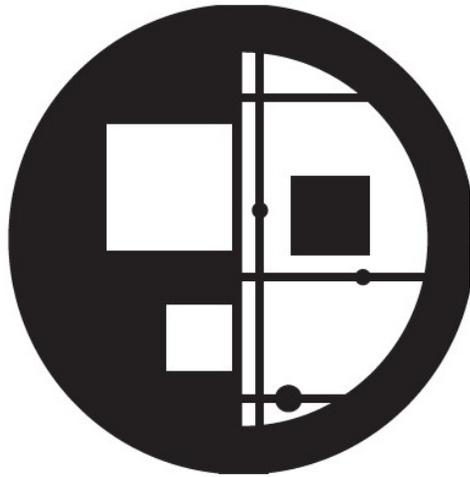
Camminando all'interno di Rocinha, è stato possibile osservare che ciò che era stato ipotizzato corrispondesse al vero.

La mappa che segue è la semplice sovrapposizione dei due livelli orizzontali: Transportation e Functions.



- POLICE
- BANK/ATM
- POST OFFICE
- HEALTH SERVICE (PHARMACY ALSO)
- EDUCATION SERVICE
- SPORT SERVICE
- WASTE COLLECTION
- SHOPPING
- MARKET (FOOD)
- BAR/RESTAURANT
- PARK

- AUTOBUS
- Bus Stop
- Bus Line
- TAXI BUS
- Taxi Bus Stop
- Taxi Bus Line
- MOTO TAXI
- Moto Taxi Parking
- Moto Taxi Line
- HIGHWAY
- METRO
- Metro station



Definizione:
sovrapposizione di Void e Transportation.

L' Interface è un forte e importante indicatore di qualità della vita e possibilità di movimento garantite dalla rete stradale esistente, e rappresenta uno strumento importante di design urbanistico.

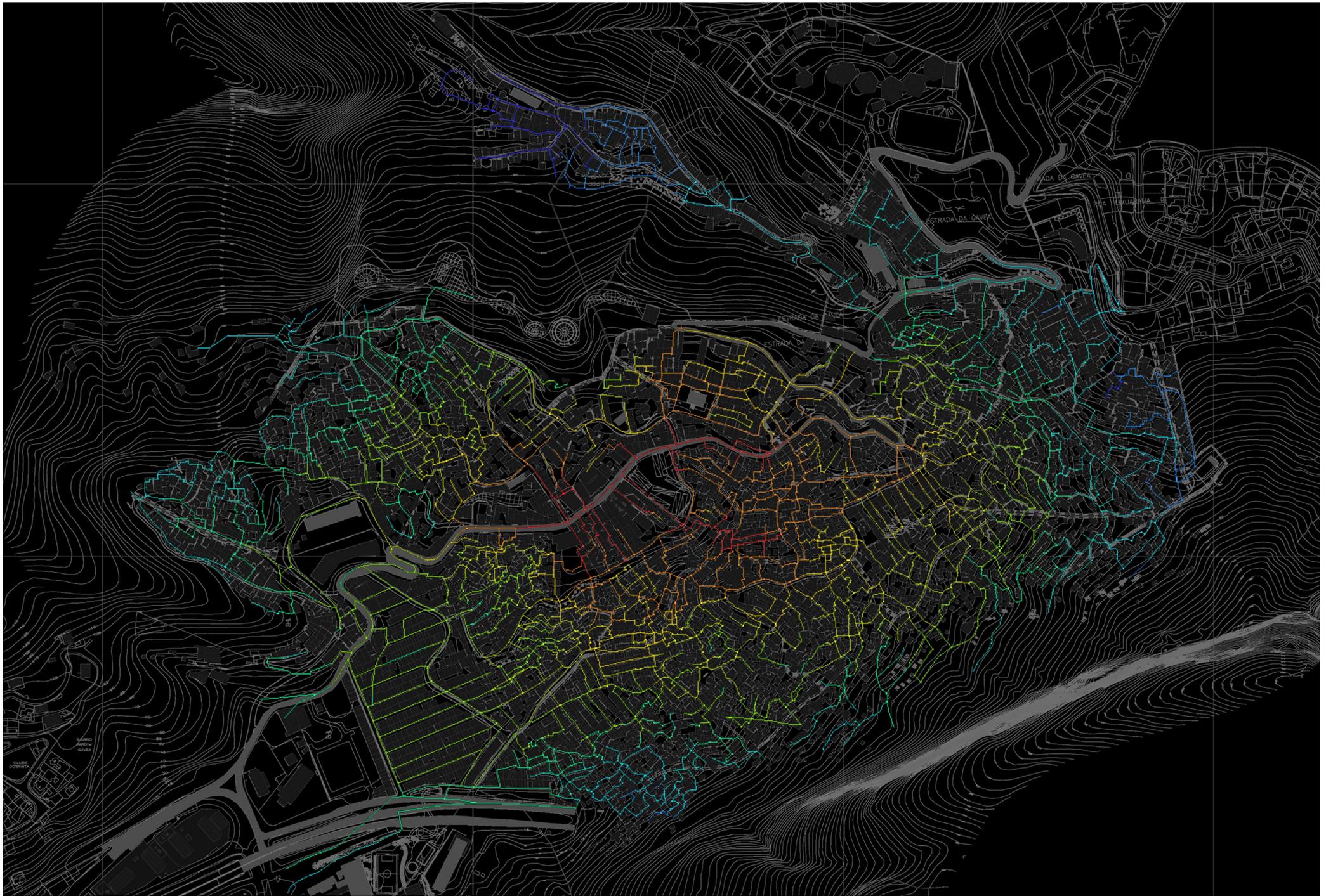
Questo indicatore valuta il sistema di trasporto in relazione ai vuoti di un centro abitato, restituendo precise informazioni sui flussi urbani.

La mappa dell'Interface è data dal calcolo della "profondità" principale di ogni singolo link, attraverso il software UCL Depthmap, sviluppato da University College of London, che lavora su nodi e griglie.

Un colore caldo rappresenta un sistema ben connesso, e un sicuro network stradale; un colore freddo, invece, indica la presenza di aree poco connesse o sconnesse, di vicoli ciechi, di strade interrotte e così via.

L'output sarà una mappa che mostra diversi livelli di Interface attraverso diverse tonalità di colore. Si evince che le parti in rosso saranno le parti migliori, quelle in blu, le parti peggiori su cui si dovrà assolutamente intervenire.

Affinchè la mappa sia più accurata possibile, è stato estratto un file GIS, sicuramente migliore rispetto a qualsiasi altro tipo di mappatura, che tiene conto di tutte le connessioni (strade, vicoli e passaggi) di Rocinha. La mappa dell'Interface mostrava inizialmente un gradiente di colori monocromatico, utilizzando nel software valori standard utilizzati in altri casi studio, meno estesi e complessi, perciò si è deciso di utilizzare dei valori più bassi in modo da ottenere un range di colori apprezzabile e distinguibile.





Transportation
Volume

Effectiveness

Definizione:
sovrapposizione di Transportation e Volume.

L'Effectiveness definisce la capacità di coprire, in termini di servizi di trasporto, lo spazio costruito atto al quale si dirama. Contemporaneamente definisce un potenziale sviluppo in una determinata scala di intervento. Ciò sta a significare che i servizi di trasporto possono sussistere anche senza edifici intorno da servire

E' possibile stabilire un gradiente di valutazione rappresentando le aree con più Effectiveness, a paragone con quelle a maggiore potenziale (e quindi vuote) per un futuro sviluppo.

Nel nostro caso speciale non è stata identificata nessuna area potenziale, dal momento che, come è stato detto sin dall'inizio, Rocinha è molto densa sia dal punto di vista demografico, sia da quello del costruito. Sono state considerate, quindi, le aree col volume costruito, per avere un buon indicatore di omogeneità, per quanto riguarda il trasporto.

Per definire un buon livello di approssimazione, la mappa è stata suddivisa in una griglia 25 x 25 metri.

A Rocinha ci sono 4 tipi diversi di trasporto pubblico, quindi sono state elaborate 4 diverse mappe, una per ogni mezzo.

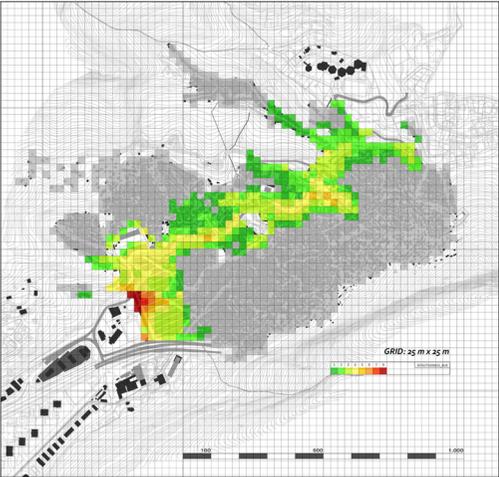
Si nota come le mappe sono simili a due a due: le fermate di Autobus e Minibus sono disposte lungo tutta Estrada da Gavea. C'è una sola fermata di metro posta nella parte Sud-Ovest della Favela, la quale gode della sua presenza, a differenza delle altre aree che appaiono completamente escluse.

Per quanto riguarda il trasporto tramite moto taxi, si hanno solo due "basi", sempre collocate nella parte Sud della Favela.

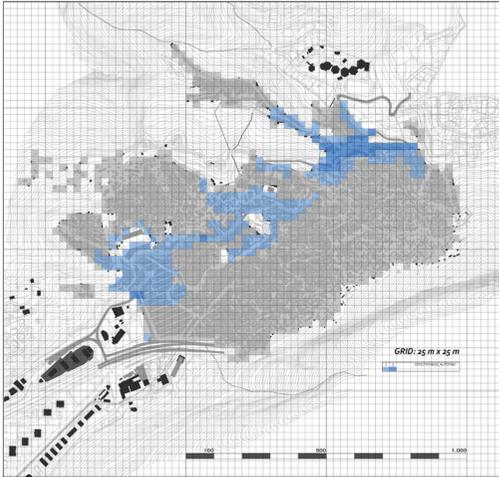
In realtà è facile immaginare come uno scooter o una moto possano facilmente raggiungere qualsiasi posto, come è facile pensare che è impossibile mappare tutti i luoghi raggiungibili in questo modo. Inoltre si ricorda che esiste un servizio di chiamata grazie al quale è possibile prendere il moto taxi ovunque ci si trovi a Rocinha.

E' evidente dalle mappe che c'è un'enorme discrepanza tra i diversi tipi di mezzo di trasporto e le aree che essi servono: più del 50% dei volumi costruiti non è accessibile da alcun tipo di trasporto, e ciò dipende ancora dalla mancanza di spazio e di strade sufficientemente larghe da lasciar passare i mezzi.

ROCINHA EFFECTIVENESS MAP



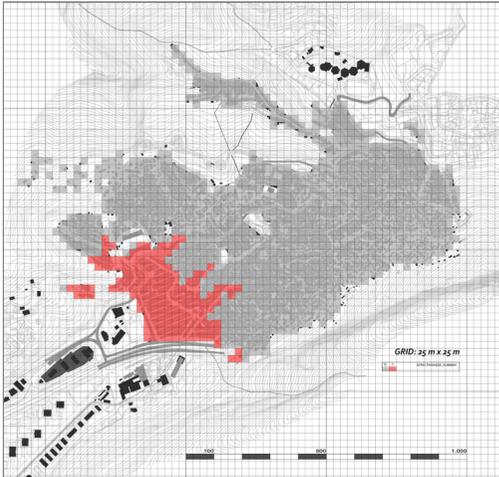
BUS TRANSPORTATION



MINI-BUS TAXI TRANSPORTATION



MOTO TAXI TRANSPORTATION



SUBWAY TRANSPORTATION

2.2.1.3 Vertical Investigation-Second Level of Superimposition

Il risultato della simbiotica integrazione dei livelli verticali, detta anche "Second Level of Superimposition" (SLS), dà vita alle cosiddette categorie-chiave Compactness, Complexity e Connectivity, che sono rispettivamente legate ai concetti di morfologia, tipologia e tecnologia di un insediamento urbano. La sostenibilità urbana può essere ottenuta attraverso il giusto equilibrio tra queste categorie. Inoltre, nessuna di esse è "autosufficiente", ma ciascuna ha la necessità di essere coadiuvata dalla presenza delle altre due.

2.2.1.3.1 Compactness (Porosity+Proximity)

Definizione: sovrapposizione di Proximity e Porosity, che, a loro volta, rappresentano l'integrazione di Volume, Function, e Void.

Questa categoria è il modo in cui una città è più o meno densa, più o meno diffusa, insieme alla distanza tra le sue funzioni. Questo aspetto morfologico gioca un ruolo importante in termini di efficienza energetica per la città, ma comunque, da sola, non rende una città o un quartiere sostenibile.

2.2.1.3.2 Complexity (Diversity+Interface)

Definizione: sovrapposizione di Diversity con Interface, che sono il risultato della combinazione tra Function e Void, Void e Transportation.

Tale aspetto dipende dall'integrazione più o meno efficace tra le differenti funzioni e i differenti servizi che la città supporta.

2.2.1.3.3 Connectivity (Accessibility+Effectiveness)

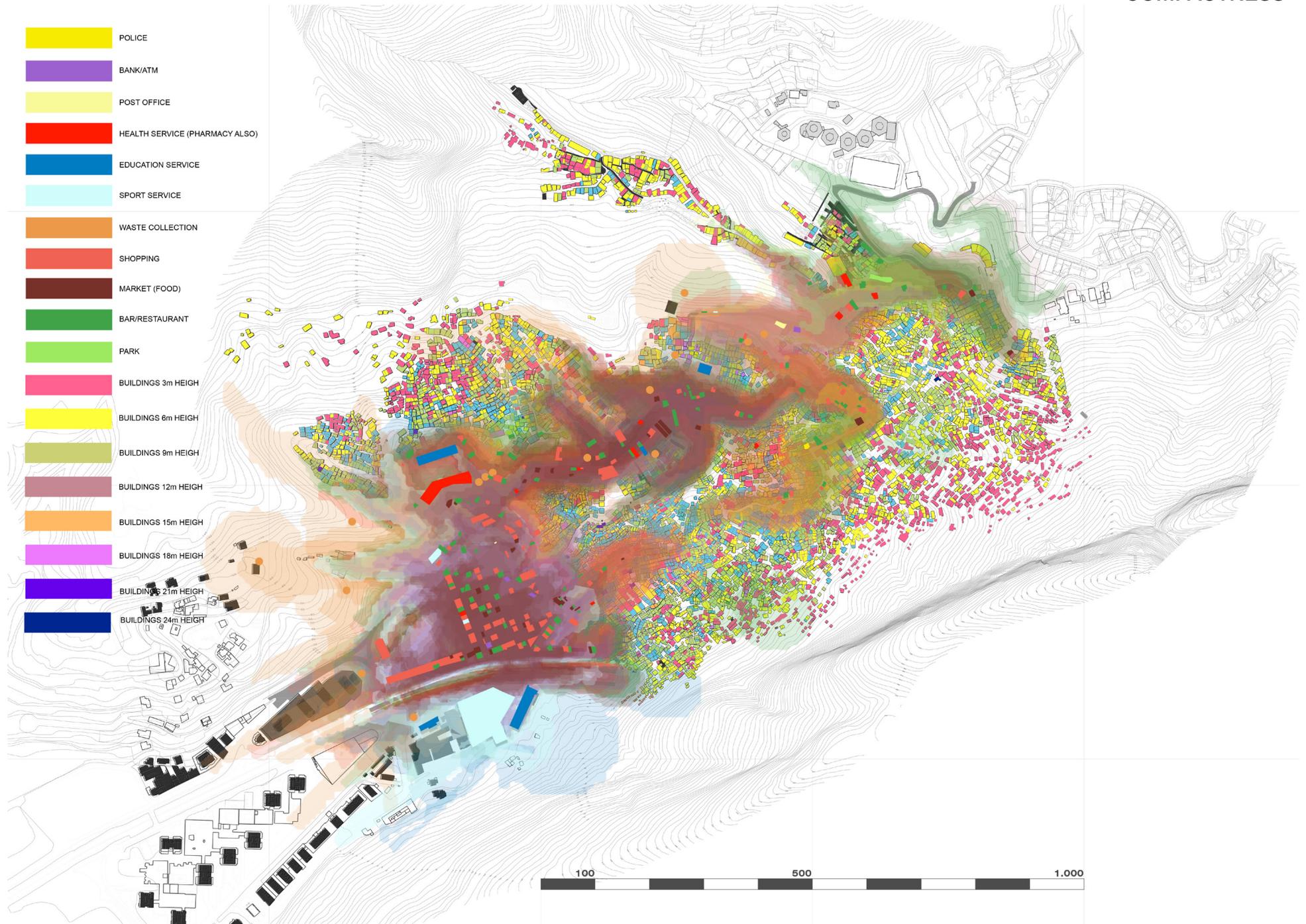
Definizione: L'integrazione di Accessibility e Effectiveness come risultato della sovrapposizione di Volume, Functions e Transportation, richiama l'attenzione sull'aspetto della connettività della città. La connettività è strettamente correlata al trasporto di merci e dati; questa nuova dimensione di informazione e connettività dati mette chiaramente in relazione in modo verticale la diversità e le caratteristiche del sistema complesso.

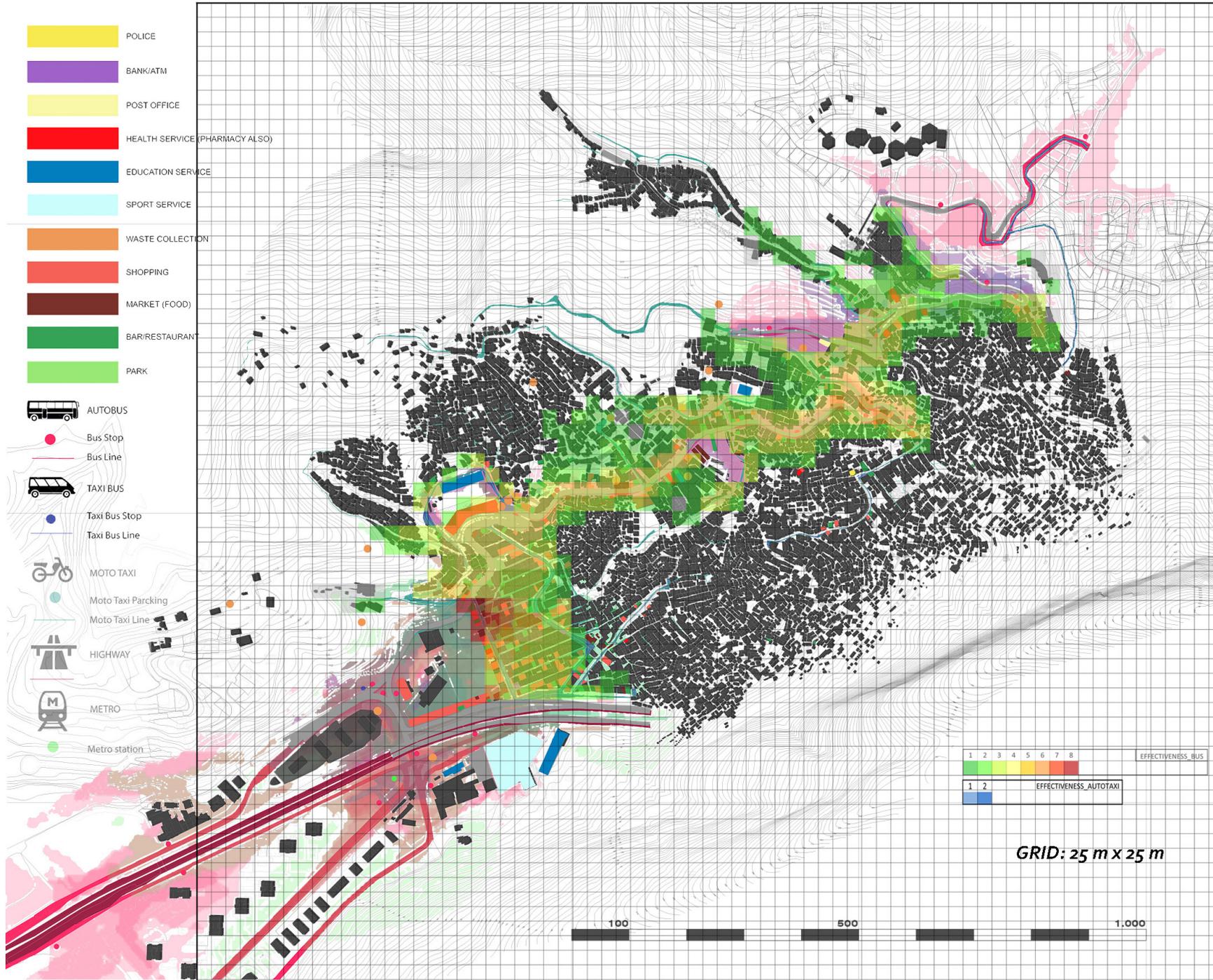
Per realizzare una rete di trasporti pubblici ben funzionante ed economicamente fattibile, è necessaria una revisione delle politiche d'uso del suolo, della densità e della forma della città. La connettività svolge un ruolo principale nella prevenzione della congestione dei dati e dei movimenti. La compattezza fornisce sostenibilità al contrario di chi pensa che essa diminuisca l'efficienza del sistema innescando congestione di dati e oggetti.

Layers' superimposition	F.L.S (Key Categories)	S.L.S	Determinants	Energy efficient form
Volume / Void	Porosity	Compactness	Morphology	
Volume / Function	Proximity			
Function / Void	Diversity	Complexity	Typology	
Transportation / Void	Interface			
Transportation/ Function	Accessibility	Connectivity	Technology	
Transportation / Volume1	Effectiveness			

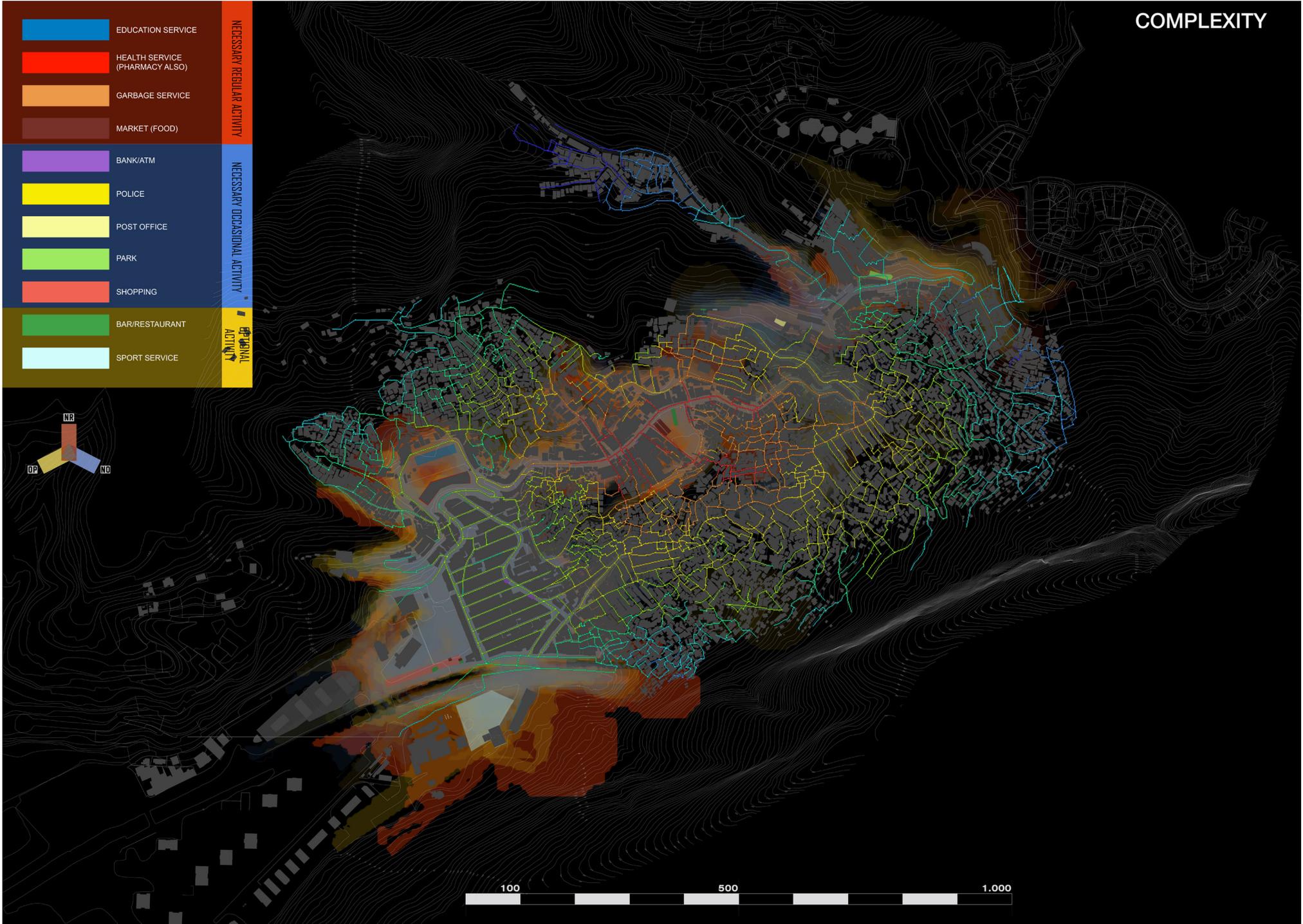
Tabella 2.6 Sovrapposizione dei livelli; il Second Level of Superimposition (SLS) crea i determinanti per definire una città dal punto di vista morfologico, tipologico e Tecnologico_fonte: immdesignlab.com.

COMPACTNESS





COMPLEXITY



2.2.2 Fase 2: Formulation/ Assumption

Questo secondo momento dell'analisi IMM chiamato "Fase di formulazione" precede quello della progettazione vera e propria.

La suddetta fase consiste in:

- Scelta dei catalizzatori, uno per ciascuna analisi, quella orizzontale e quella verticale;
- Organizzazione dell'ordine di successione dei DOPs (Ordering Design Principles) in base allo specifico caso di studio.

I principali steps della fase di formulazione sono:

- Scelta di un catalizzatore verticale e di uno orizzontale basata sulle conoscenze ottenute dalla fase precedente dedicata alla spiegazione della configurazione CAS ed il suo comportamento;
- Assegnazione a ciascun sottosistema del proprio ruolo all'interno del caso particolare oggetto di studio;
- Controllo preliminare delle conseguenze locali delle scelte fatte.

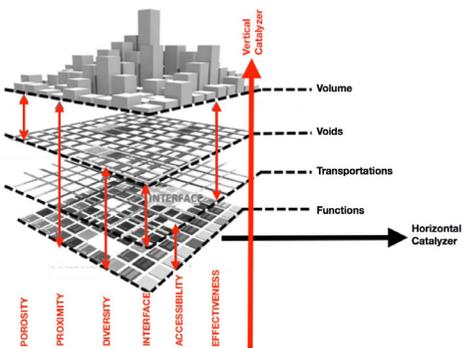


Figura 2.32 Il CAS coi suoi strati orizzontali in nero e verticali in rosso_fon: immdesignlab.com.

2.2.2.1 The choice of the catalysts

Dopo la fase preliminare in cui si è entrati (fisicamente e virtualmente) nella favela, per comprendere come essa "funziona", per "digerire" tutte le informazioni raccolte sin dall'inizio e per correggere gli errori fatti (non si deve dimenticare che l'intero processo è iterativo), è stato possibile affrontare il tema dei catalizzatori più opportuni da scegliere.

2.2.2.1.1 Volume/Void

Alla fine di un lungo dibattito, a cui hanno partecipato anche i ragazzi del Brasile, in quanto testimoni importanti e vicini a Rocinha, si è presa questa decisione:

VOLUME sarà il catalizzatore orizzontale, poiché è evidente, in tutte le mappe elaborate, che ogni problema relativo all'analisi orizzontale (e, di conseguenza, di tutte le altre).

La morfologia di Rocinha è il risultato di una barriera indissolubile tra la scoscesa orografia naturale e la spontanea crescita del costruito. Tutte le analisi hanno condotto alla considerazione seguente: l'elevata concentrazione di volumi e la loro disposizione disorganizzata e quasi casuale influenza negativamente la vita degli abitanti, soprattutto in termini di salute e sicurezza.

La maggior parte delle funzioni sono disposte lungo le sole ed esigue zone più accessibili, quelle, ovvero, che hanno abbastanza spazio per poter permettere la nascita, la crescita e il sostentamento delle attività economiche e/o sociali; tutto il resto dell'area non può che essere raggiunto a piedi, spesso attraverso percorsi larghi solamente 70 cm.

Lo stesso identico aspetto può essere discusso dal punto di vista del trasporto, il quale non è diffuso in maniera capillare, proprio perché non è possibile che lo sia. Non ci sono spazi aperti perché la sfrenata costruzione non ne lascia alcuno. Inoltre, dal momento che le persone non hanno lo spazio per potersi incontrare, spesso e volentieri queste si riuniscono per le strade. I nodi di Estrada da Gavea con le altre strade minori, soprattutto collocate in corrispondenza delle curve di questo stradone da corsa, se non colmi di rifiuti, sono il luogo di ritrovo principale. L'elevata densità dei volumi comporta una maglia confusa e irregolare che non segue alcuna regola e causa la mancanza di vuoti urbani di qualità.

Discutendo proprio a tal proposito con il team brasiliano, è emersa l'importanza degli spazi aperti per il caso della favela, come punti focali di interazione tra chi vive lì, chi viene dalla città, chi si trova di passaggio e chi è turista.

In conclusione, la scelta del catalizzatore orizzontale deriva, come mostra la figura, dal fatto che i volumi riempiono completamente una texture già densa e complessa, creando una situazione sfavorevole per lo sviluppo strategico di un network di vuoti (VOID), la diramazione di un sistema di trasporto (TRANSPORTATION) efficace, l'efficiente distribuzione delle funzioni (FUNCTION).

2.2.2.1.2 Interface

Come catalizzatore verticale è stata scelta la mappa di **INTERFACE**. Dopo un lungo dibattito su tale scelta, c'era il dubbio se scegliere

questa o quella della proximity. Entrambe rappresentavano le categorie più "deboli", ma alla fine si è scelto di dare maggiore enfasi alla relazione tra i vuoti e il sistema dei trasporti, poiché la presenza delle funzioni segue quella di un'adeguata accessibilità, del senso di sicurezza e delle infrastrutture. La mappa interface riflette esattamente quanto possono essere importanti i vuoti se supportati da un buon sistema infrastrutturale. A causa della scarsa accessibilità dell'intero spazio occupato da Rocinha, una mappa che mostra la dislocazione delle funzioni, come può essere quella della proximity, non potrà essere accurata quanto quella di interface, che si basa su dati prettamente oggettivi ed implementati attraverso un software.



Figura 2.33 Volume map.

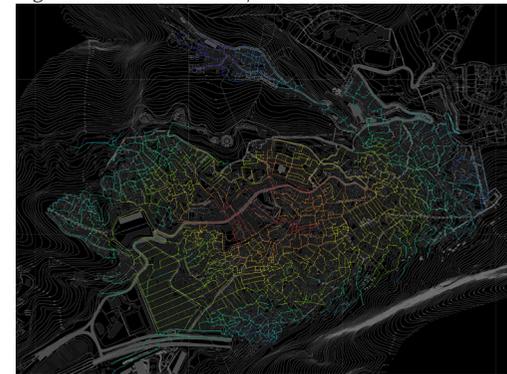


Figura 2.34 Interface map.

2.2.2.2 DOPs

I DOPs (Design Ordering Principles) sono stati selezionati e disposti per ordine di importanza (in grassetto quelli preponderanti), in base allo specifico caso di studio, alla sua tipologia, alle sue caratteristiche ed esigenze progettuali:

- 1. Create connected open space system, activate urban metabolism**
- 2. Fostering Mixed used spaces**
- 3. Implement water management**
- 4. Prevent the negative impact of waste**
- 5. Convert the city in a food producer**
- 6. Balance the ground use**
- 7. Fostering the local energy production.**
- 8. Make biodiversity an important part of urban life**
9. Change from multi-modality to inter-modality concept
10. Balance the public transportation potential
11. Promote walk-ability
12. Promote cycling and reinforce the public transportation

	DOP Design Ordering Principles.	Key categories	Determinants
Morphology	1. Balance the ground use. 2. Fostering the local energy production; Building as components of Community Energy System. 3. Promote Walkability.	Porosity Proximity	Compactness
Typology	4. Fostering Mixed used spaces. 5. Makes Biodiversity an important part of urban life. 6. Create connected open spaces system, activate urban metabolism.	Diversity Interface	Complexity
Technology	7. Balancing the public transportation potential 8. Promote Cycling and Reinforce the public transportation 9. Change from multimodality to inter-modality concept.	Effectiveness Accessibility	Connectivity
Management	10. Convert the City in a food producer. 11. Prevent the negative impact of waste. 12. Implement water management.		Governance

Tabella 2.7 DOP (Ordering Design Principles)_fonte: immdesignlab.com.

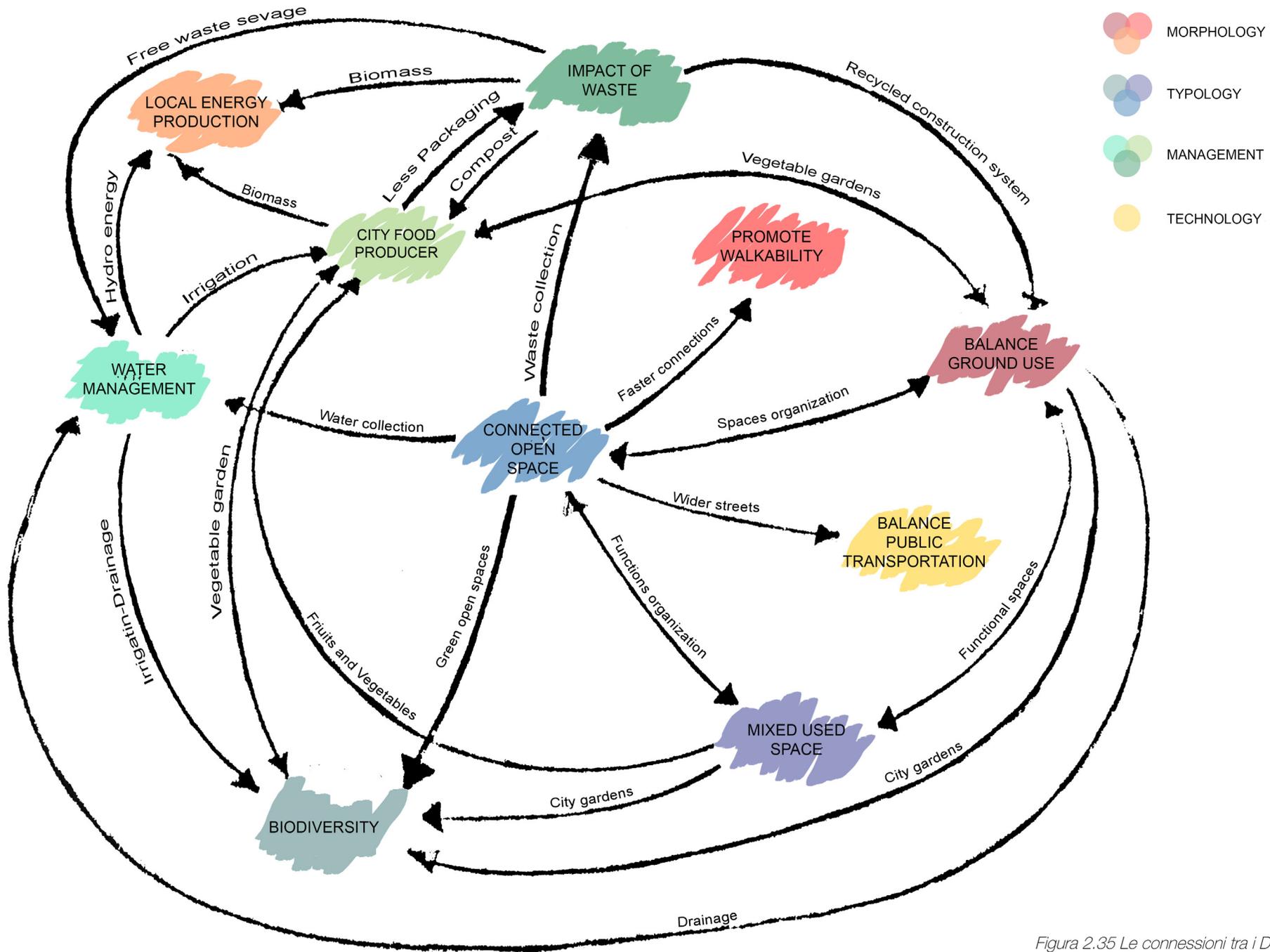


Figura 2.35 Le connessioni tra i DOPs.

Il diagramma circolare della pagina accanto mostra tutte le possibili connessioni tra i DOPs, che interessano il caso di Rocinha, divisi per categorie: morphology, typology, management and technology.

Il DOP principale è **connected open spaces**, come si può dedurre dal fatto che stia al centro del grafico. Questo DOP è connesso agli altri DOPs sotto vari punti di vista. Col creare nuovi spazi aperti, si può essere sicuri che la situazione migliori, dal momento che uno dei maggiori problemi della favela è proprio la mancanza di connessioni come si evince dalla mappa di **interface**. La creazione di nuovi spazi vuoti permette di avviare un secondo DOP: **balance the public transportation**, grazie alla presenza di strade più larghe.

Da un altro punto di vista, implementare le connessioni renderà possibile un altro fattore: **promote the walkability**.

Se i nuovi spazi creati, inoltre, sono ben organizzati, sarà possibile realizzare un altro importante DOP: **balance the ground use**, soprattutto creando aree verdi di cui Rocinha in questo momento è carente. Attraverso ciò implicitamente si favorirà anche la biodiversità (**biodiversity**).

Per quanto riguarda il DOP **mixed used spaces**, questo è implicitamente connesso con la creazione di **connected open spaces** attraverso l'organizzazione delle funzioni. E' importante includere la realizzazione di city gardens per implementare la **biodiversity** e trasformare il CAS in un **food producer**.

L'implementazione del **water management** è un aspetto assolutamente cruciale per Rocinha che merita di essere attenzionato dal team di progetto.

L'enorme quantità di acque che attraversa i canali può essere vista come un'opportunità per produrre energia (**produce energy locally**).

Uno dei problemi maggiori che interessano la favela è quello del trattamento dei rifiuti (**waste**). La popolazione non è sensibilizzata ed educata (solo di recente sono state attivate delle iniziative a riguardo) e, inoltre, c'è una mancanza di servizi di supporto, senza considerare che la maggior parte delle fognature è a cielo aperto, dando la possibilità di gettarvi i rifiuti direttamente all'interno.

Con la creazione di un sistema di riciclaggio è possibile pensare all'utilizzo di biomasse per la produzione di energia locale, riducendo di gran lunga il problema di intasamento dei canali di drenaggio e fognatura esistenti.



Figura 2.36 La situazione attuale di Rocinha, vegetazione e uso del suolo.

Alcuni DOPs sono direttamente visibili in pianta; essi esplicitano il percorso seguito per ottenere il masterplan generale.

Nelle pagine seguenti si cercherà di spiegare l'idea di implementazione dei DOPs nel masterplan stesso, per altri, non visibili planimetricamente si interverrà a altimetrico secondo schemi semplificativi.

In particolare si evidenzieranno:

1. Create connected open space system, activate urban metabolism;
2. Fostering Mixed used spaces;
3. Implement water management;
6. Balance the ground use;
8. Make biodiversity an important part of urban life.



Figura 2.37 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_sezione.



Figura 2.38 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_pianta.

Qui è possibile vedere come l'implementazione del verde, basata sul masterplan concettuale, può contribuire al miglioramento della città, collegando facilmente i DOPs "balance the ground use" e "make biodiversity an important part of urban life".

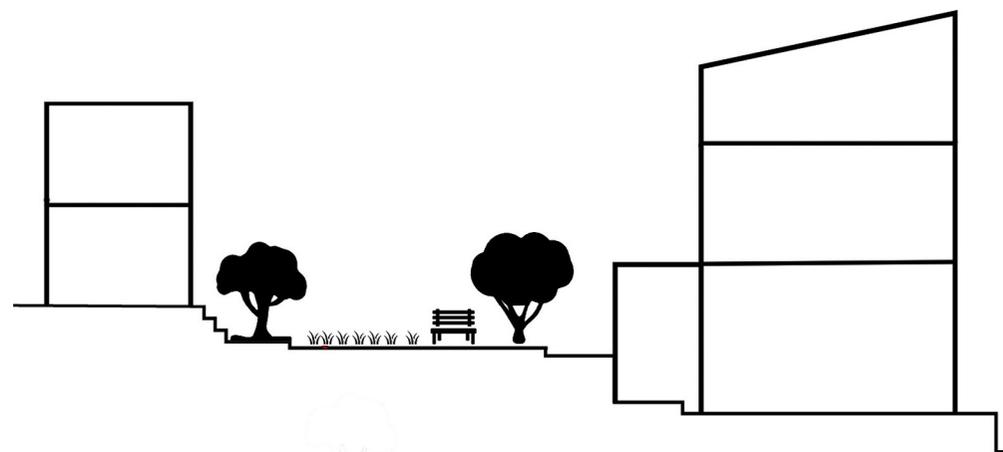


Figura 2.39 Balance the ground use and make biodiversity an important part of urban life_schema.

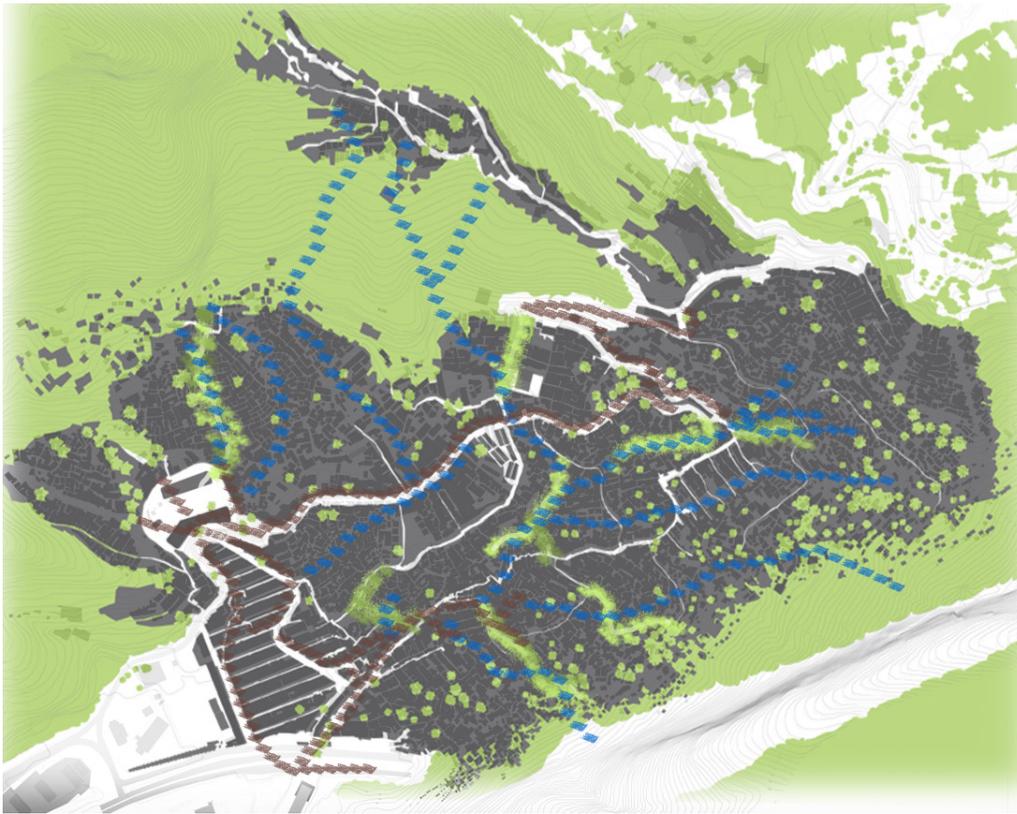


Figura 2.40 Relazione tra talvegues (torrenti di acqua piovana) ed esgotos (condotti fognari).



Figura 2.41 Implementation of water management_sezione.

In questa pagina si mostra l'idea del "water management" e del "water system implementation" sia in pianta che in sezione.

E' possibile sovrapporre la mappa ottenuta precedentemente attraverso l'implementazione del verde, con quella che rappresenta i talvegues (torrenti che si formano quando piove che seguono la conformazione fisica del terreno della favela) e gli esgotos (condotti fognari che possono essere chiusi o a cielo aperto).

Nella sezione, invece, è possibile vedere come ogni abitante nella propria casa può accumulare l'acqua al fine di utilizzarla per usi interni, come ad esempio annaffiare le piante.



Figura 2.42 Water management_schema.



Figura 2.43 Create connected open space system, activate urban metabolism
Fostering Mixed used spaces and Fostering mixed used spaces_sezione.

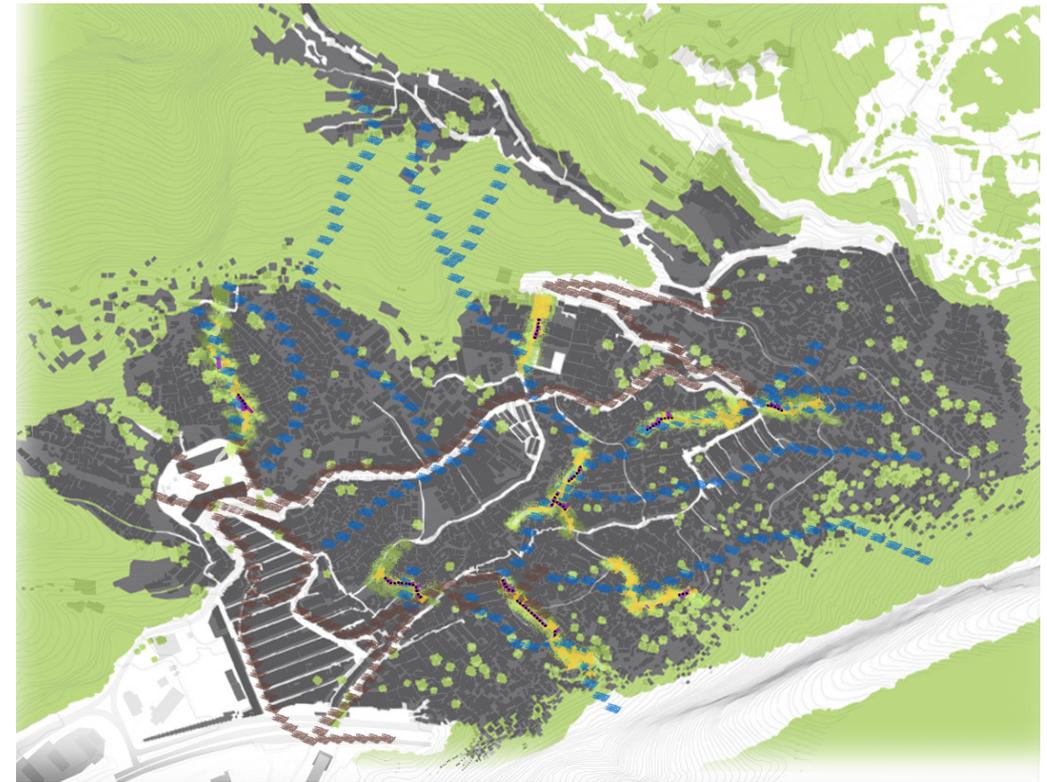


Figura 2.44 Create connected open space system, activate urban metabolism
and Fostering mixed used spaces_pianta.

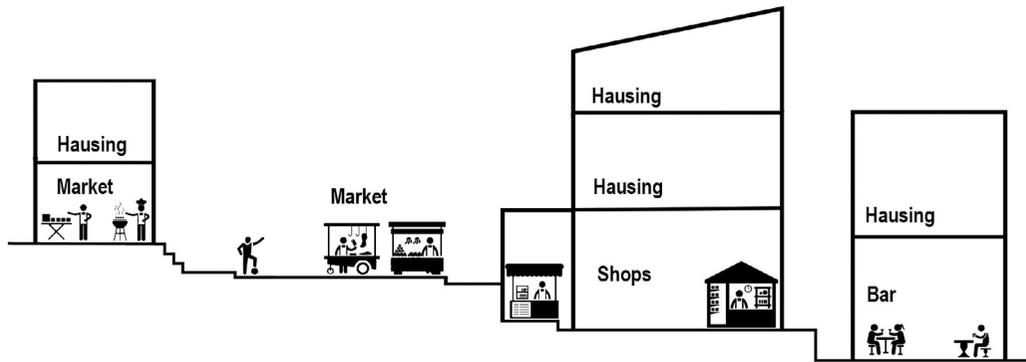


Figura 2.45 Create connected open space system, activate urban metabolism
Fostering Mixed used spaces and Fostering mixed used spaces_schema.

Questa volta la mappa mostra un secondo livello di sovrapposizione al precedente che, aggiunge una terza mappa che vede embrionalmente le aree di intervento. Il processo consiste nell'individuare, lungo le fasce intercettate da talwegues ed esgotos, delle potenziali connessioni e degli edifici che impediscono a queste potenzialità di concretizzarsi. Solo dopo aver creato "connected open spaces" sarà possibile attivare "urban metabolism" e "foster mixed used spaces".

La sezione accanto rappresenta una semplificazione dell'implementazione dei DOPs a Rocinha, applicati in un edificio tipo della favela.

Nuovi "connected open spaces" sono stati creati togliendo piccoli edifici di uno-due piani dalla strada, lungo le connessioni intercattate nell'ultima mappa, e riposizionandoli in cima ad altri edifici, minimizzando l'impatto dell'intervento sulla favela.

E' possibile notare come la strada sia notevolmente più larga, proprio grazie alla creazione di nuovi open spaces, che favoriscono anche il miglioramento del sistema di trasporto all'interno della favela, rendendolo più capillare.

Delle piccole turbine all'interno dei canali dove passa l'acqua piovana potranno generare modesti ma comunque importanti quantitativi di energia elettrica; mentre dei recipienti posti in cima agli edifici, o in punti strategici dove confluisce molta acqua, potranno fornire acqua per uso domestico, se trattata, o per la semplice irrigazione degli spazi verdi pubblici e privati.

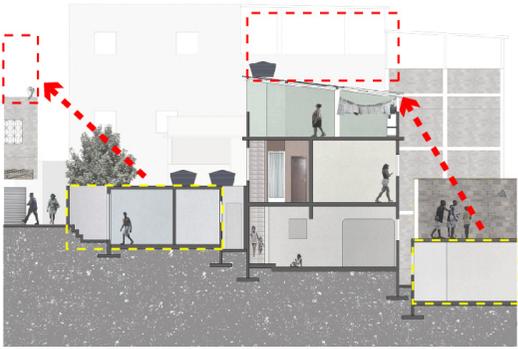
La raccolta e la differenziazione dei rifiuti sarà facilitata dal fatto che le strade e gli spazi saranno più larghi. I rifiuti compostabili potranno essere utilizzati come fertilizzanti e/o produrre energia, come le biomasse.

Lo spazio tra gli edifici potrà essere incrementato, contribuendo ad una maggiore salubrità dell'aria e sicurezza che sono aspetti prerogativi per il team di progetto.



Figura 2.46 Implementazione dei DOPs_sezione.

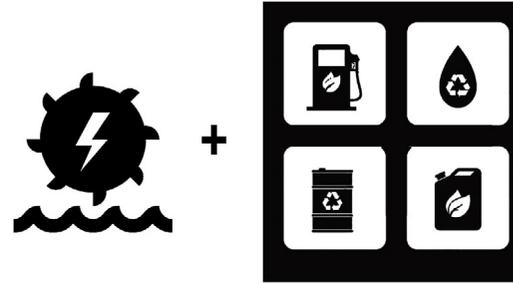
1. Create connected open space system, activate urban metabolism



4. Prevent the negative impact of waste



7. Fostering the local energy production.



2. Fostering Mixed used spaces



5. Convert the city in a food producer



8. Make biodiversity an important part of urban life



3. Implement water management



6. Balance the ground use



9. Change from multimodality to intermodality concept

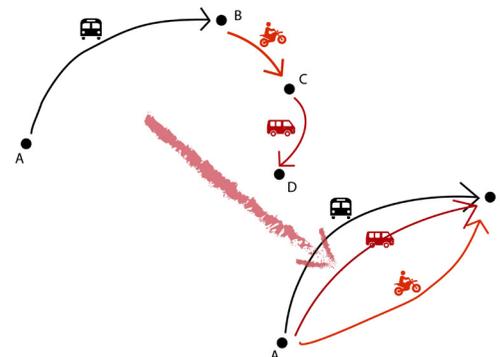


Figura 2.47 DOPs_schemi vari.

2.2.3 Fase 3: Modification/ Transformation, Intervention & Design

2.2.3.1 L'approccio

2.2.3.1.1 Masterplan concettuale

Per ottenere un masterplan comune per tutti coloro che lavoreranno a Rocinha, si è partiti dai due catalizzatori orizzontale e verticale, che rappresentano le due categorie più "deboli", ovvero quelle su cui si deve intervenire prima e in maniera più efficace.

Si è scelto di operare in maniera del tutto differente rispetto agli altri casi studio in cui si è applicata la metodologia IMM, dal momento che il costruito rappresenta gran parte dello spazio occupato dalla favela.

Il primo step è stato quello di tracciare la rotta principale che attraversa Rocinha: Estrada da Gavea. In un secondo momento sono stati intercettati i nodi principali che collegano questo asse con altre strade minori. Questi particolari punti rappresentano per gli abitanti della favela gli unici spazi di ritrovo assimilabili al concetto di "piazza" che tutti noi conosciamo.



Figura 2.48 I nodi (in rosso quelli esistenti, in blu quelli nuovi).

I primi due nodi selezionati sono localizzati nella parte più bassa della città, tra Rua Apia e l'ospedale.

Successivamente sono state individuate nuove connessioni tra Rua 4 e Rua Dioneia rispettivamente a destra e a sinistra.

Rua 2 e Rua 1 sono state collegate in sommità, dove la "sella" di Rocinha ridiscende poi verso il ricco quartiere Gavea.



Figura 2.49 Le connessioni concettuali tra i nodi.

Per passare da connessioni concettuali a connessioni reali tra i nodi, la mappa di Interface è stata di notevole importanza nel conferire un feedback sulla sicurezza e sulle connessioni tra le strade e i vicoli della favela. Lo scopo principale è quello di connettere le parti blu (quelle meno collegate) della Interface con i nodi precedentemente identificati su Estrada da Gavea. Il risultato è stato importante: tramite le riconessioni, molte parti della favela "dimenticate" hanno avuto la possibilità di tornare ad essere vissute in sicurezza.

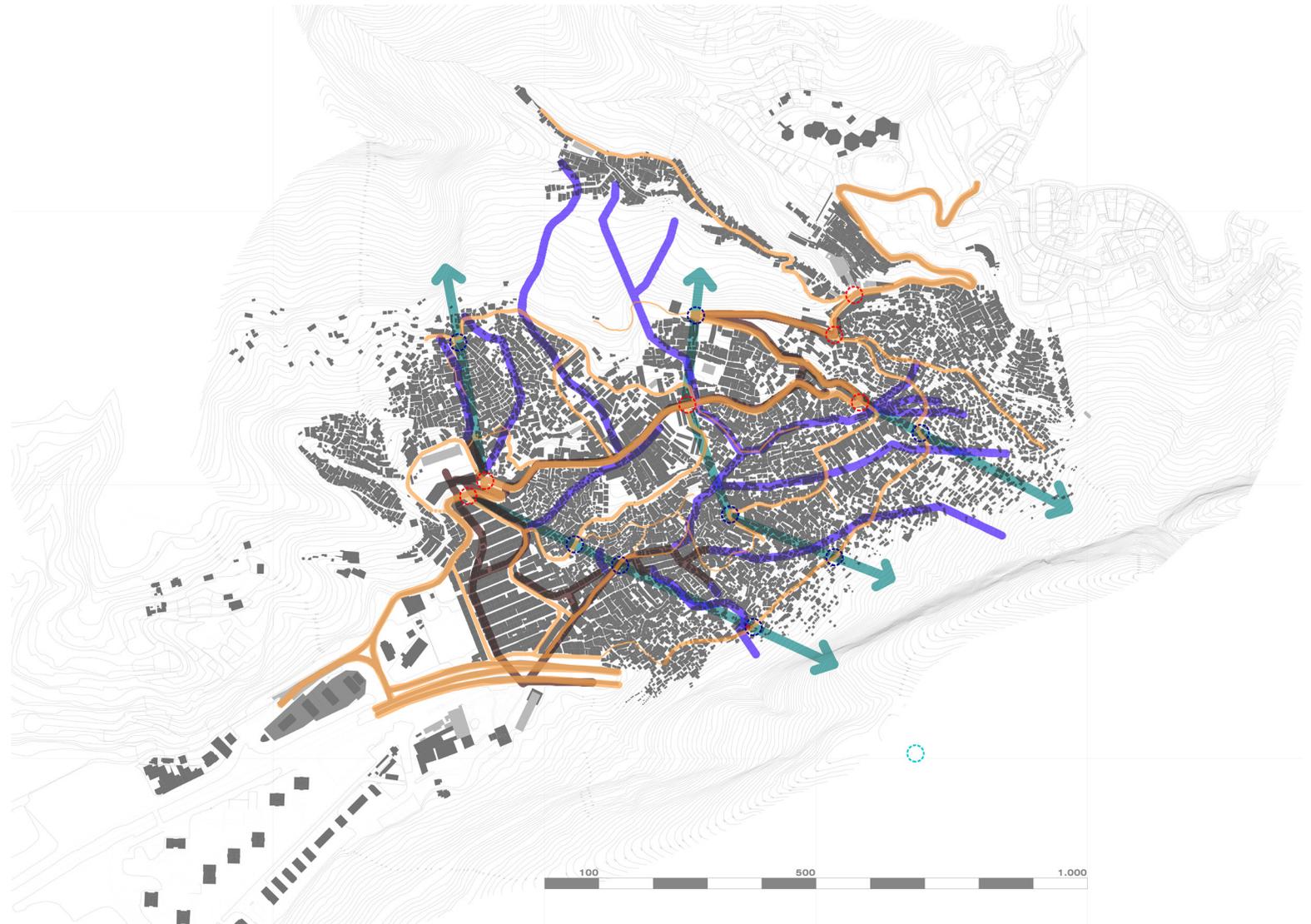


Figura 2.50 Sovrapposizione delle connessioni concettuali con i talwegues esistenti.

Le linee di connessione in precedenza semplicemente concettuali tra i nodi, sono diventate sempre più reali, seguendo la morfologia della favela, considerando i suoi edifici e la sua complessa orografia. Per trovare/creare dei percorsi realmente fattibili, la mappa delle connessioni concettuali è stata sovrapposta a quella dei talwegues e degli esgotos, in modo che, al momento della progettazione si possa intervenire anche su queste parti che rappresentano elementi cruciali per la futura progettazione.

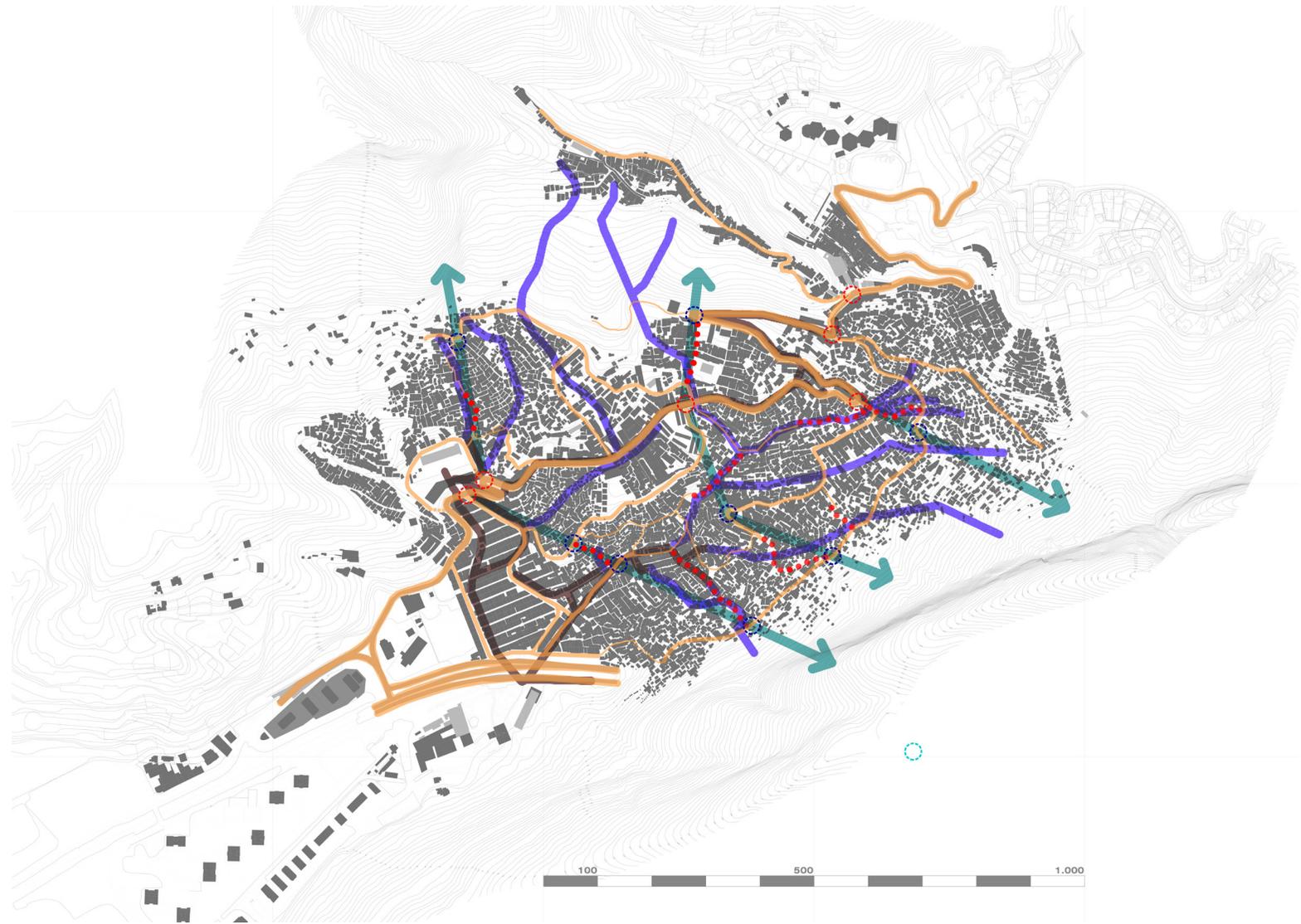


Figura 2.51 Le connessioni reali tra i nodi.

A questo punto è stato necessario unire i due catalizzatori, orizzontale e verticale e definire un intervento specifico e mirato: la prima idea è stata quella di sovrapporre il masterplan concettuale con la mappa della Porosity, in modo da individuare gli edifici bassi e di ridotte dimensioni da poter "spostare" per "liberare" i percorsi. Per creare un vuoto urbano in una maglia densa come quella di Rocinha, è assolutamente necessario "togliere" qualcosa.

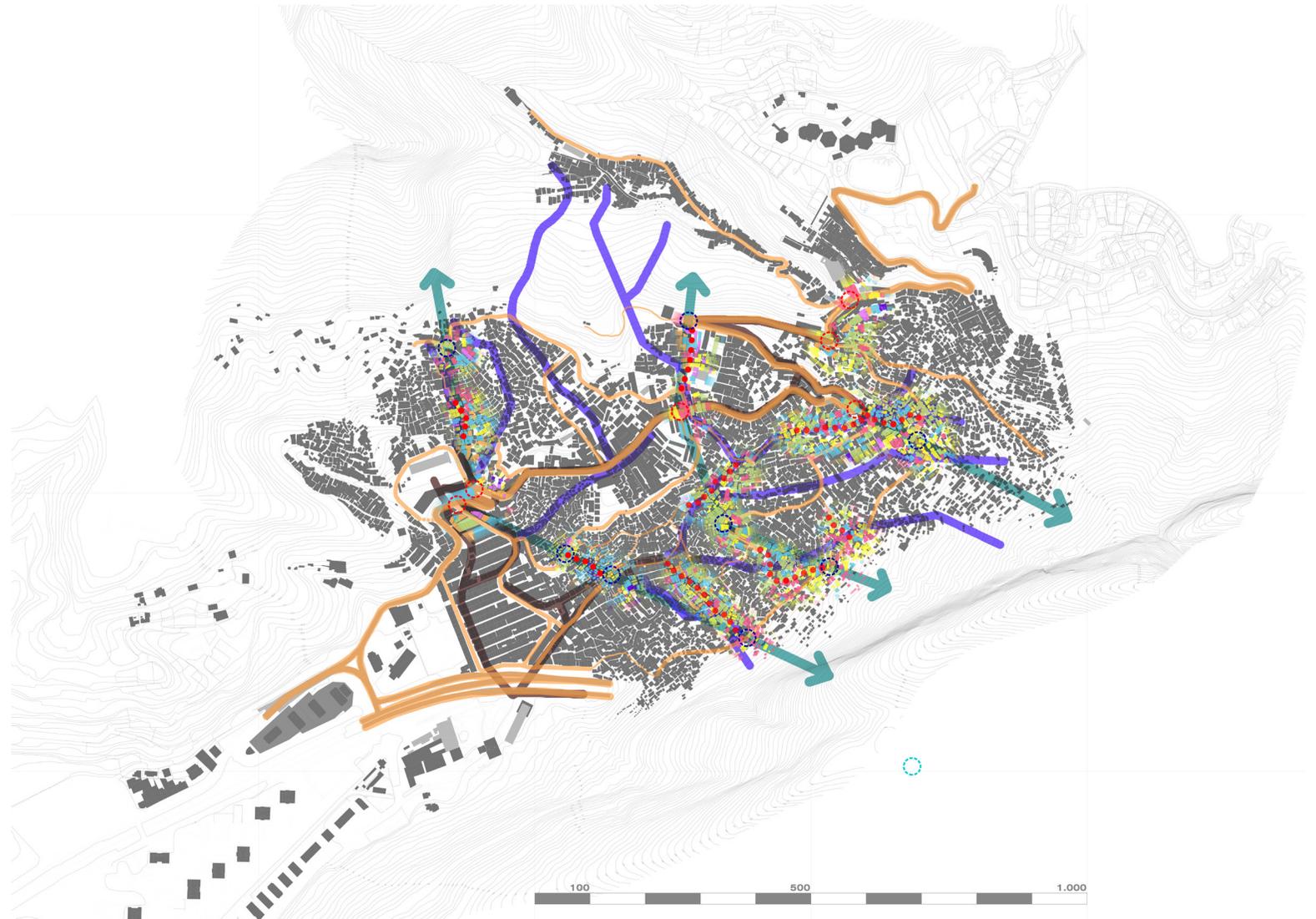


Figura 2.52 Sovrapposizione della porosity map con le connessioni.

2.2.3.1.2 Masterplan generale finale

Una volta segnati sulla mappa i percorsi reali, è stato immediato notare, come era facile immaginare, che essi non fossero linee rette, bensì strette linee tortuose intorno agli edifici. E' stato automatico pensare di "muovere" alcuni edifici proprio per creare quei tanto necessari spazi aperti capaci di attivare tutti gli altri DOPs di cui si è ampiamente parlato in precedenza.

Il problema principale è stato quello di rendere un intervento così invasivo come può essere la demolizione di un edificio, il meno impattante possibile per la comunità.

Diverse strategie sono state pensate e applicate in base al tipo di edifici in questione, alla posizione, alle dimensioni e alle funzioni che in essi vengono svolti.

Nelle pagine seguenti sarà possibile vedere i due metodi definitivi che si è deciso di utilizzare in base ai singoli casi.

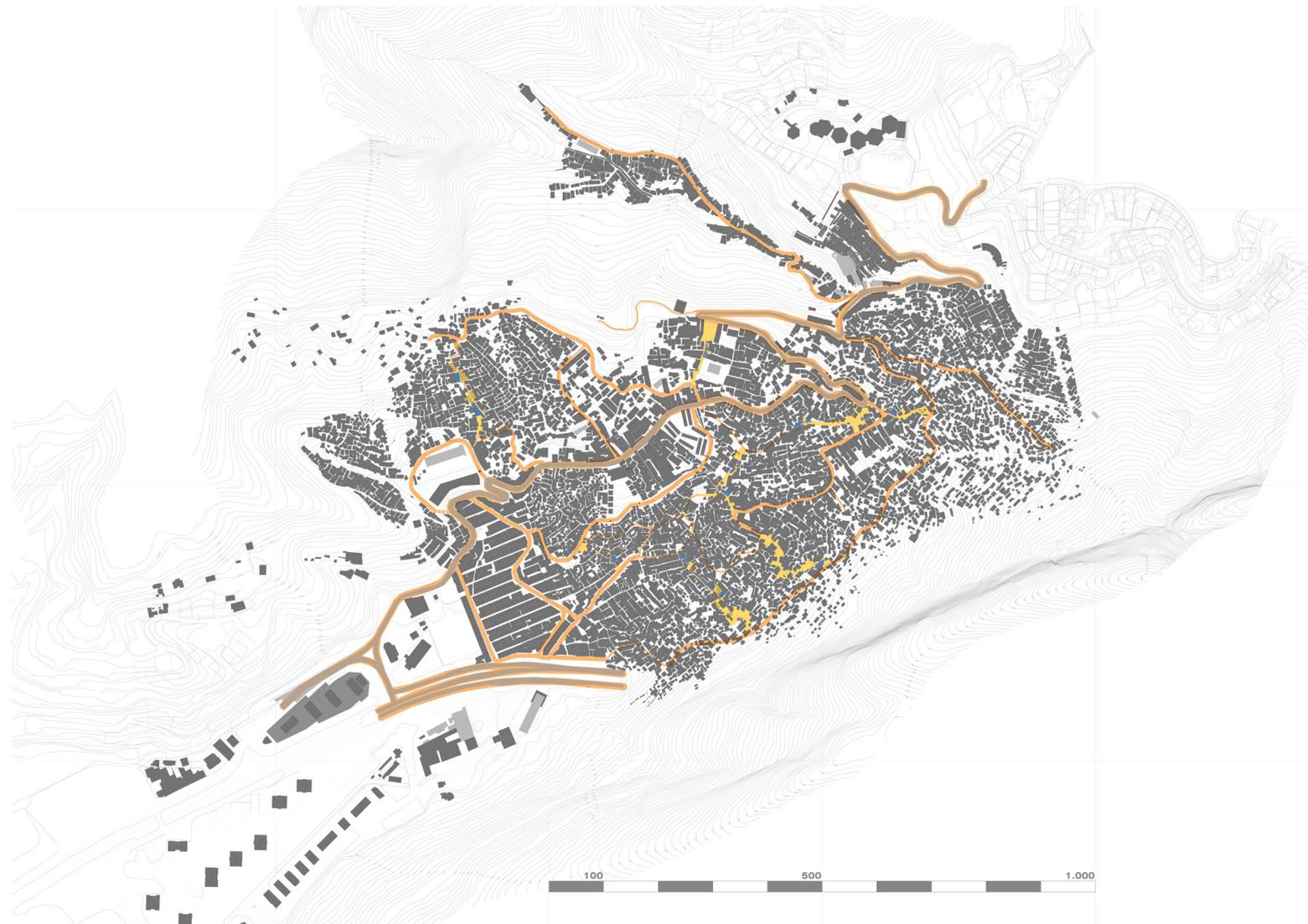


Figura 2.53 Il masterplan concettuale.

Approccio:

- Identificare i nodi principali su Estrada da Gavea;
- Creare delle intersezioni concettuali con le altre strade importanti;
- Sviluppare delle connessioni reali tra gli edifici o su percorsi poco salubri e sicuri (da Interface);
- Sviluppare delle linee guida per connettere edifici a diverse altezze (da Volume/Voids).

Tale approccio può essere suddiviso in due azioni.

Una agisce direttamente sui vuoti, l'altra, invece, sui volumi.

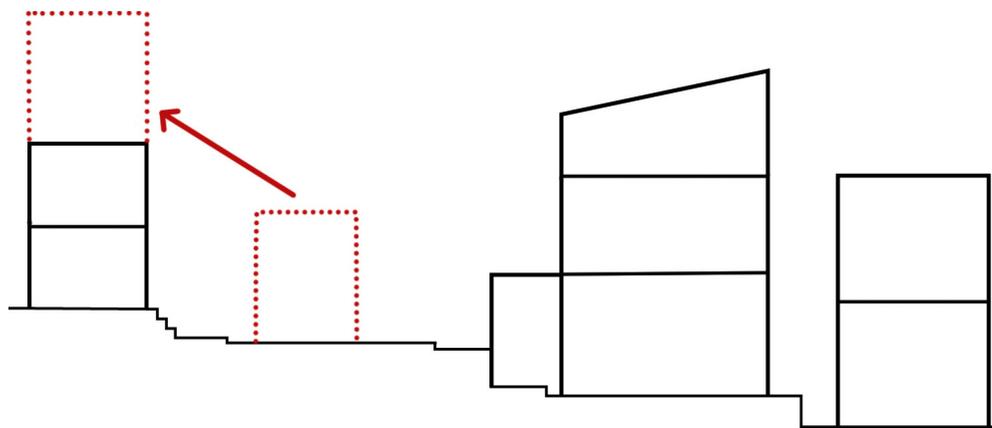


Figura 2.54 Azione 1: schematizzazione_sezione.

Azione 1

Intervento sui vuoti.

L'idea:

- Demolizione di edifici a 1-2 piani nelle sequenze individuate;
- Riposizionamento degli edifici "demoliti" su edifici vicini esistenti.

I risultati:

- Creazione di nuovi percorsi pedonali;
- Ingrandimento dei percorsi esistenti;
- Creazione di spazi aperti.

I vantaggi:

- Mobilità: creazione di nuove connessioni;
- Sociale: uso dello spazio da parte della comunità;
- Salute: migliore ventilazione e spazi più salubri.

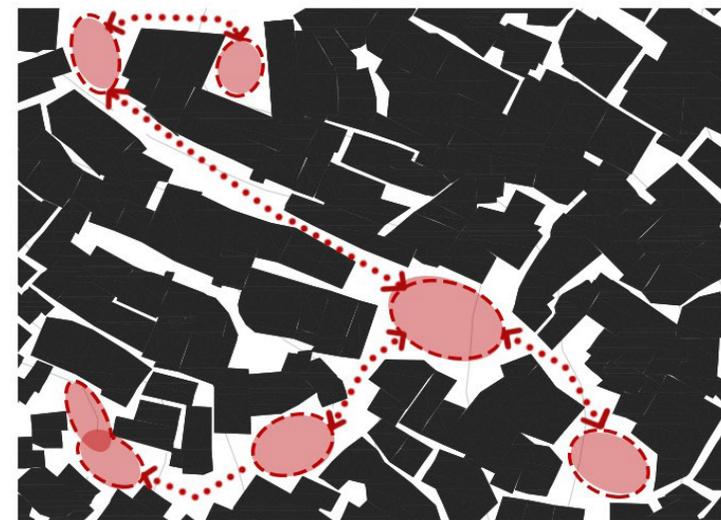
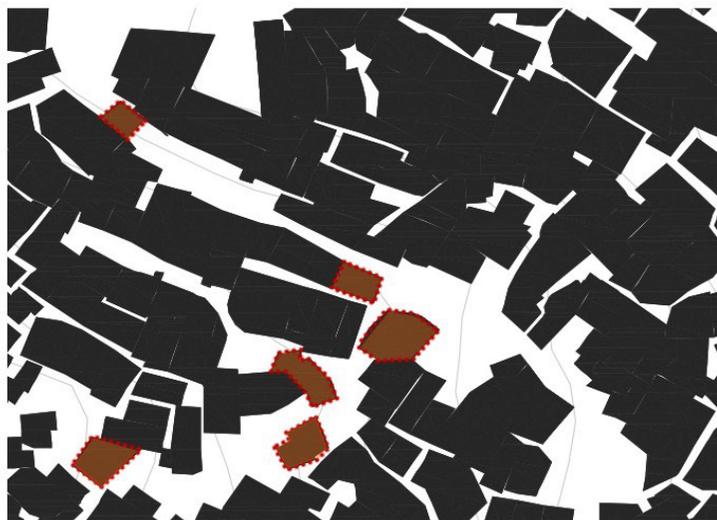


Figura 2.55 Azione 1: schematizzazione_pianta.



Figura 2.56 Azione 1: individuazione degli edifici a 1 piano.

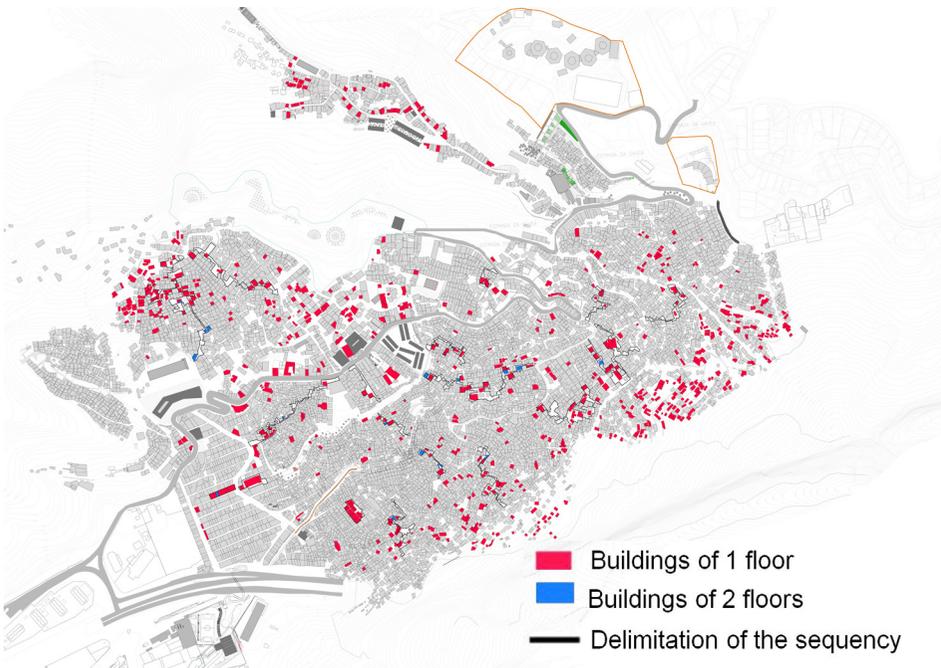


Figura 2.57 Azione 1: individuazione delle sequenze.



Figura 2.58 Azione 1: esempio di sequenza.

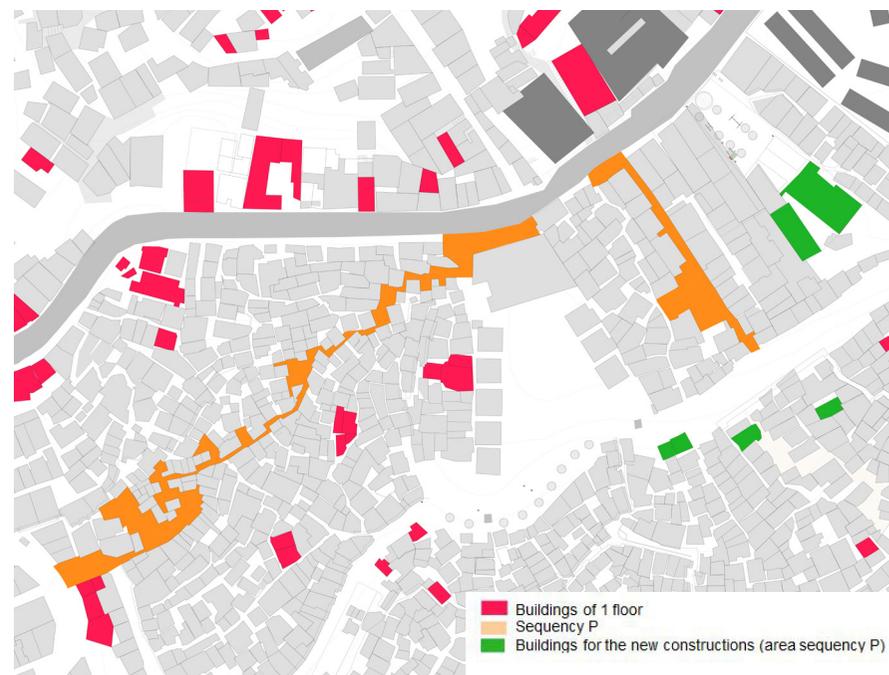


Figura 2.59 Azione 1: esempio di intervento.



Azione 2

Intervento sui volumi.

L'idea:

- Svuotare e cambiare gli edifici creando dei percorsi rialzati e/o sui tetti degli edifici stessi;
- Riposizionare le unità abitative su altri edifici non (ancora) molto sviluppati in altezza.

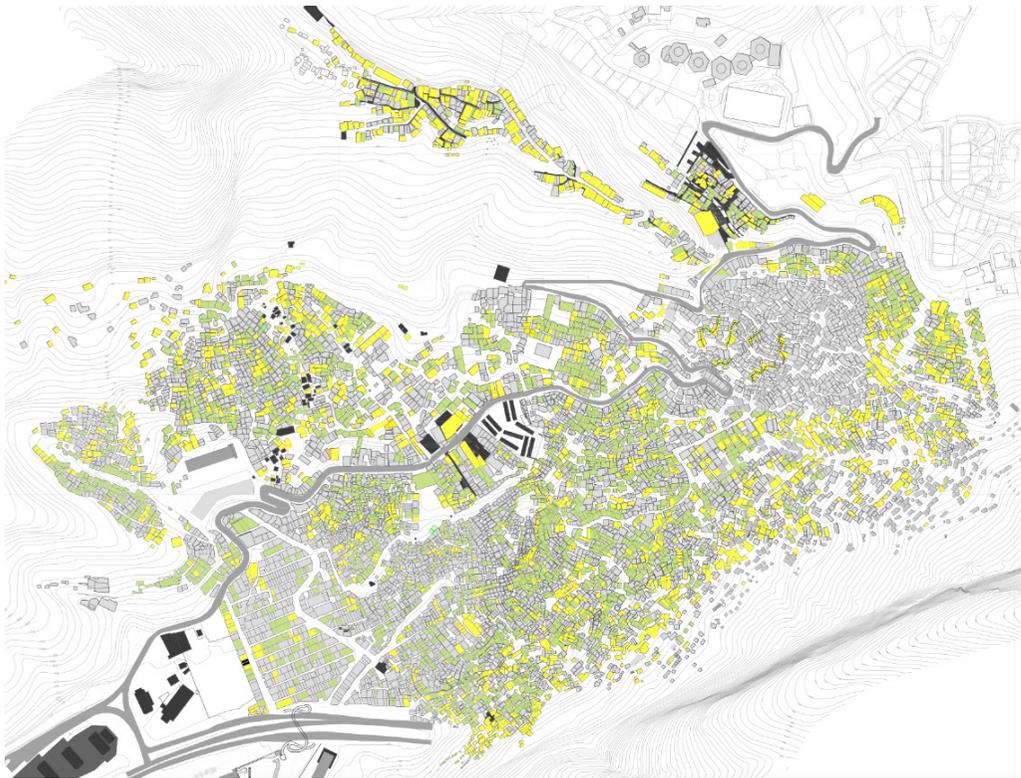
I risultati:

- Creazione di nuovi percorsi pedonali;
- Soluzione al problema della forte pendenza;
- Creazione di spazi misti.

I vantaggi:

- Mobilità: creazione di strade interne;
- Sociale: creazione di un attivo e controllato sistema avente differenti funzioni;
- Salute: creazione di ventilazione incrociata e di tetti-giardino che abbelliscono la favela, migliorano il comfort interno e favoriscono la biodiversità.

Figura 2.60 Azione 2_sezione.



- Buildings of 2 floors
- Buildings of 3 floors



Figura 2.61 Azione 2: individuazione degli edifici a 2-3 piani.

Figura 2.62 Azione 2: individuazione degli edifici su cui lavorare.

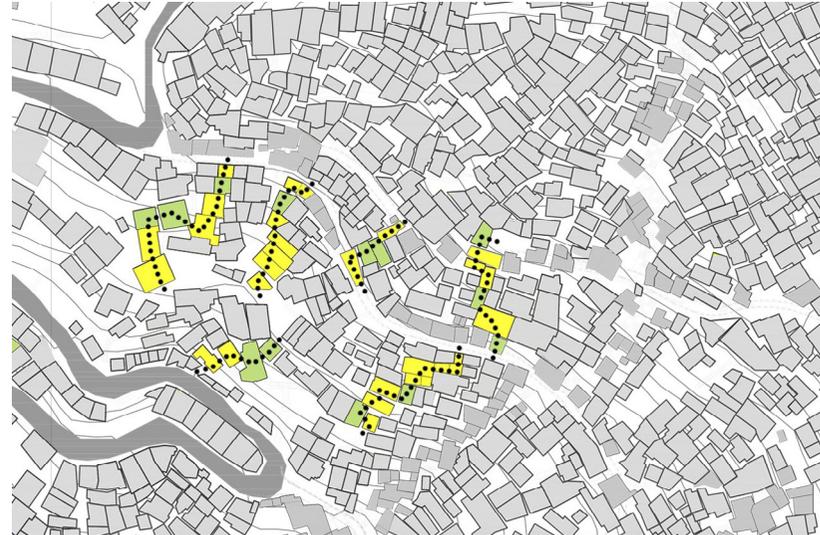


Figura 2.63 Azione 2: individuazione degli edifici a 2-3 piani_zoom

Figura 2.64 zione 2: individuazione delle possibili connessioni.

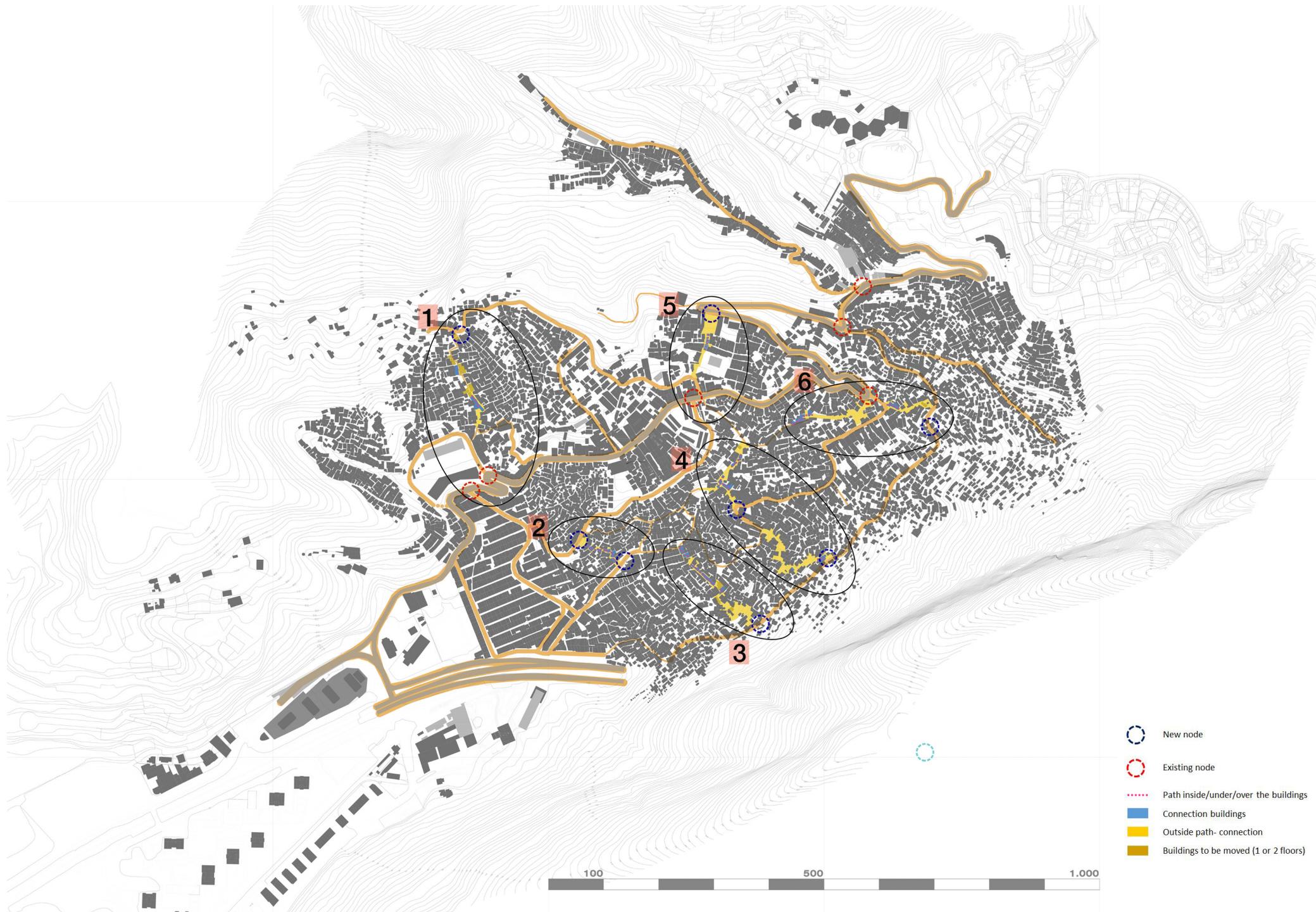


Figura 2.65 Individuazione delle aree di intervento.

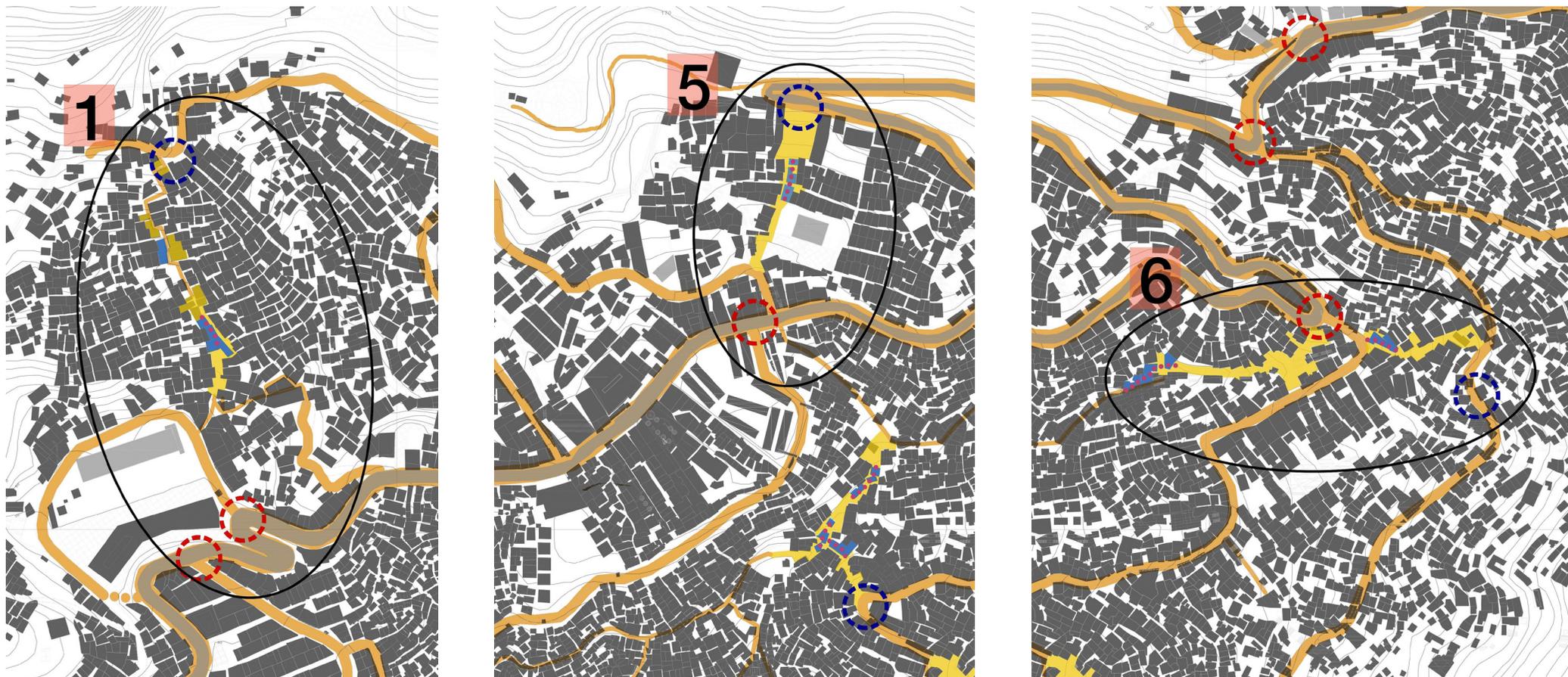


Figure 2.66; 2.67; 2.68 Individuazione delle aree di intervento_zoom.

Considerando entrambi gli approcci, quello che individua le sequenze lungo i canali (talwegues ed esgotos), e quello che interviene direttamente sui volumi e sui vuoti, si è pervenuti all'individuazione di 6 aree principali di intervento. Dopo un'analisi più accurata, basata anche sull'esperienza di chi la favela la vive dall'interno e grazie all'aiuto dei volontari dell'associazione "Il Sorriso dei Miei Bimbi", solamente 3 delle 6 zone sono state scelte, in modo da poter iniziare a lavorare in una maniera più puntuale ed accurata.

Per implementare fattivamente la proposta, è stato necessario calcolare il numero di persone da "spostare" attraverso un'approssimazione degli abitanti per metro quadrato. Se la densità demografica di Rocinha è di 104,167 ab/km², si avranno 0,1 ab/m².

2.2.4 Retrofitting

2.2.4.1 Volume/Void dopo

Dopo aver utilizzato un approccio che fosse il meno invasivo possibile, per quanto riguarda la demolizione o la sopraelevazione, per proporre una soluzione al “problema” dei volumi, i quali “soffocano” lo spazio di Rocinha, escludendo ogni possibilità di creare nuovi e salutaris vuoti, sono state realizzate nuovamente le mappe di Volume e Voids.

Adesso è visibile come, attraverso minimi interventi sugli edifici, tolti dai passaggi d’interesse, e riposizionati sui primi edifici disponibili, la situazione sia migliorata nettamente.

La conseguenza di questa azione è la spontanea creazione di spazi che, supportando diverse funzioni, catalizza su tutti i DOPs della metodologia IMM.



Figura 2.69 Volume dopo.

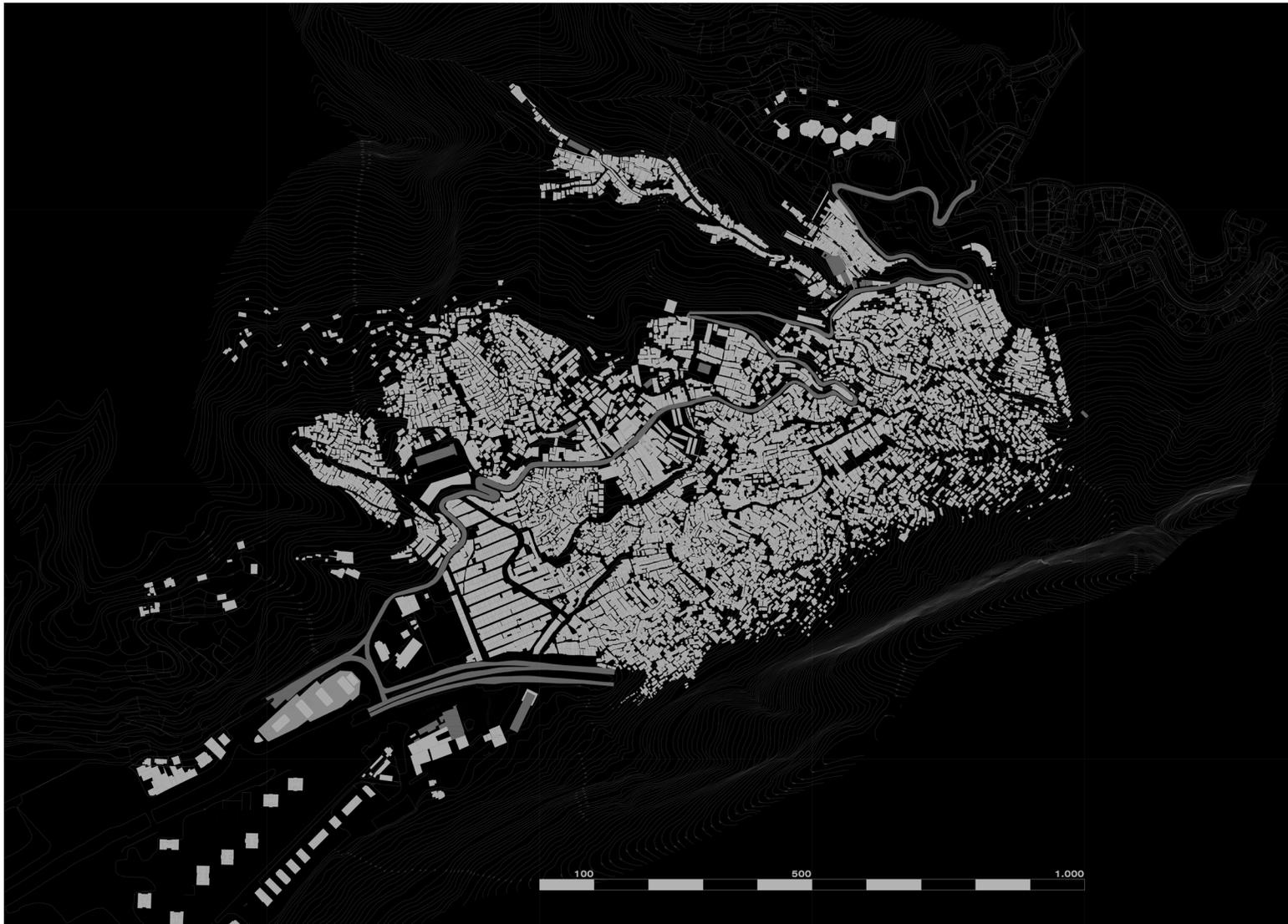


Figura 2.70 Voids dopo.

2.2.4.2 Interface dopo

Come detto in precedenza, Interface è l'indicatore più forte dell'investigazione attraverso IMM perchè tiene in considerazione la qualità del movimento data dalla rete stradale, esso rappresenta un importante strumento di pianificazione urbanistica considerando anche la morfologia del territorio e l'interrelazione con i vuoti.

In questa nuova versione, eseguita dopo la definizione del masterplan, il sistema delle connessioni è visibilmente migliorato, soprattutto nelle 6 aree considerate.

E' possibile vedere come il colore caldo, che indica un sistema ben connesso, e, di conseguenza, più sicuro, paragonato con la mappa precedente, si sia incrementato. La conseguenza è che il colore freddo, che, invece, rappresentano un sistema disconnesso, o comunque connesso in maniera non accettabile, costituito da pericolosi vicoli ciechi e strade interrotte, si sia notevolmente ridotto.

Osservando il minimo e il massimo valore dell' UCL Depthmap software (usato per ottenere tale mappatura) raggiunti dopo gli interventi rappresentati nel masterplan, è chiaro come tali valori siano aumentati, passando da 0,06 to 0,07 (per il minimo), e da 0,17 a 0,19 (per il massimo).

E' d'obbligo ricordare che questi coefficienti, per poter dare un risultato visibile, in termini di colori, sono solitamente settati tra 0,18 (minimo) e 0,48 (massimo). Questa è un'ulteriore prova che Rocinha è un caso particolare.

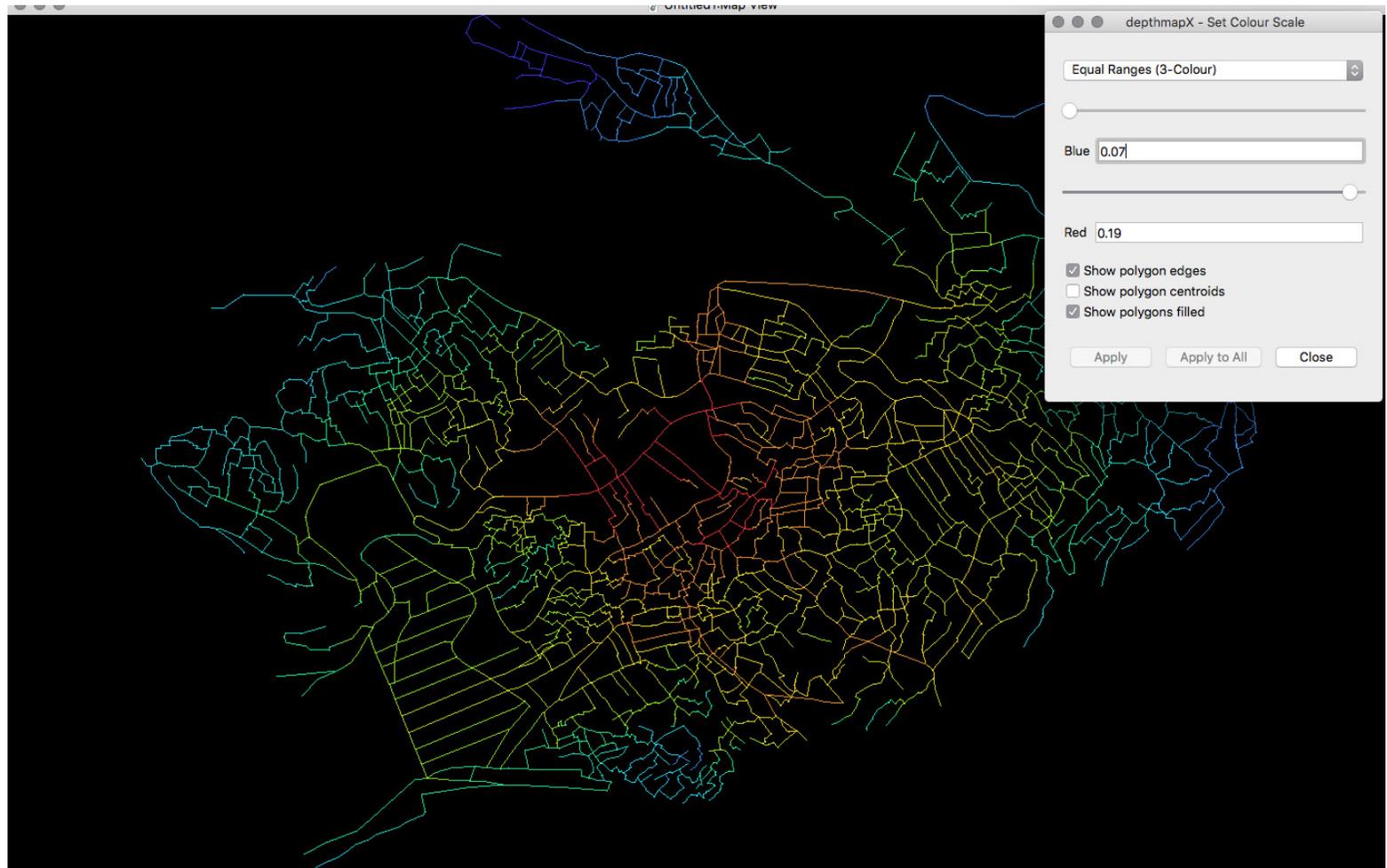


Figura 2.71 Interface dopo.

2.3 Concept

L'idea che ha portato alle scelte in questa prima parte di lavoro comune, seguendo la metodologia IMM, i suoi inputs e outputs, i suoi catalizzatori e i suoi DOPs, è stata quella di rendere il caso di studio, già ricco di potenziale, un esempio perfetto di sviluppo delle prestazioni ambientali e di inclusione sociale.

Ispirati dallo stesso nome della Favela, che significa "piccolo orto", si è pensato di dare una seconda opportunità a Rocinha, il piccolo orto, facendola rifiorire ancora.

Le figure accanto mostrano la forma della Favela, divisa nelle sue zone formali, che contengono tipiche scene e tipici motivi brasiliani, soprattutto inerenti Rio de Janeiro (si è pensato all'inclusione sociale). La prima immagine mostra sia elementi positivi (colorati) sia elementi negativi (grigi) che coesistono in questa realtà.

Nella seconda figura gli aspetti negativi si tramutano in elementi verdi: giardini, frutti, ortaggi, e così via...

La parola "verde" compone il logo scelto per rappresentare il lavoro comune: la Favela diventa una foglia, in cui la sua arteria principale è Estrada da Gavea. I Dois Irmaos, le sue due montagne, si stagliano nel background. "Sorte Verde" può essere letto sia in Portoghese che Italiano, portando lo stesso significato: Futuro Verde, sostenibile.







PROGETTO ARCHITETTONICO

3 Progetto architettonico

Un posto migliore per vivere

3.1 Introduzione

L'analisi IMM e la urban analysis hanno portato alla definizione di alcune macroaree da sviluppare. La presente tesi, prevede l'approfondimento dell'area situata a Nord, come illustrato nella mappa posta a lato.

In accordo con le analisi condotte in sito, quest'area risulta prettamente residenziale, con un'elevata densità abitativa (approssimativamente 105 000 abitanti/km²).

L'area in esame si sviluppa prevalentemente in orizzontale, con la prevalenza di edifici da 2 o 3 piani, gli edifici risultano addossati gli uni sugli altri. La parte superiore dell'area esaminata, che si affaccia su Estrada da Gavea, presenta alcuni edifici dal forte sviluppo verticale, spostandosi verso la parte centrale, questa tendenza si attenua fortemente per poi tornare ad incrementarsi nella parte Sud.

L'intervento è iniziato con la definizione di un percorso di connessione tra la parte superiore, con prospicienza su Estrada da Gavea situato subito al di sotto della foresta, e la parte inferiore, il cuore della favela.

In seguito, la rimozione e ricollocazione di alcuni edifici situati lungo le principali direttrici di passaggio dell'acqua, ha permesso di incrementare aria e luce riducendo le gravi problematiche sanitarie che affliggono la favela.

Lo studio delle facciate sulla base degli orientamenti imposti, ha permesso di ottimizzarne

Gli edifici demoliti vengono ricollocati in stretta vicinanza in aree più adeguate ad ospitarli, nel pieno rispetto di quel senso di comunità che è insito nella favela e nei suoi abitanti.

Successivamente è stata definita un'area specifica al fine di operare un intervento localizzato. Il progetto ha previsto la realizzazione di alcuni edifici, ospitanti funzioni che gli abitanti della favela hanno definito come mancanti o necessarie, con la finalità di migliorare la vivibilità dell'area e con un potere attrattivo estensibile anche all'esterno della favela che potesse contribuire all'inclusione sociale della popolazione anche all'esterno della favela.

Il progetto mira alla creazione di uno spazio prevalentemente pubblico di cui la comunità può beneficiare, nuovi edifici ad uso residenziale sostituiscono le abitazioni demolite, a ciò si aggiunge la presenza di nuovi servizi e funzioni collettive e di auto-sostentamento, pensate per le classi più povere e per i bambini. Dal punto di vista architettonico elementi di importanza primaria sono stati lo studio dei volumi e la creazione di connessioni a differenti altezze che potessero bypassare il problema delle forti pendenze del terreno.

la progettazione minimizzando i guadagni solari interni e massimizzando la ventilazione naturale.

Il progetto vuole esprimere la sua utilità sociale anche in fase costruttiva mediante la partecipazione diretta della comunità in auto-costruzione alle opere murarie che compongono gli edifici di intervento, grazie alla realizzazione di elaborati illustrati che, uniti a corsi di formazione specifici, guidano il personale alle varie lavorazioni da svolgere. Le coperture verdi degli edifici e gli orti urbani accessibili attenuano l'impatto del costruito sulla favela, riavvicinando la comunità ai prodotti della terra coerentemente con la vocazione agricola originaria di Rocinha che significa "piccolo orto".

Gli spazi aperti di progetto sono interamente dedicati alla comunità, aree verdi, aree ricreative e di gioco per bambini, aree per il tempo libero e l'intrattenimento, protette e modellate grazie alla disposizione degli edifici stessi.

3.2 Analisi del sito

3.2.1 Funzioni esistenti

In accordo con l'analisi del sito, la distribuzione delle funzioni esistenti all'interno dell'area di progetto prevede per la parte Sud corrispondente a Estrada da Gavea bassa, un complesso di edifici adibiti a social housing, una biblioteca, il garagem dell'associazione "il sorriso dei miei bimbi", alcuni bar situati lungo la strada.

Salendo ed addentrandoci maggiormente nel cuore dell'area di progetto, in corrispondenza di Estrada Dioneia vi è la scuola elementare Municipale Francisco de Paula Brito che viene utilizzata da 823 alunni con insegnamento elementare di primo livello e 67 alunni con insegnamento elementare di secondo livello.

Il resto dell'abitato di Rocinha ha funzione residenziale.

A livello viario Estrada da Gavea, accoglie quasi tutto il traffico veicolare della favela sviluppandosi da Nord, al di sotto della foresta, tagliando la favela al centro, per proseguire verso Sud fino a São Conrado.

Il trasporto pubblico (bus) si sviluppa quasi esclusivamente lungo la suddetta via, che rappresenta l'arteria stradale principale per la favela.



Figura 3.1 Individuazione area di progetto

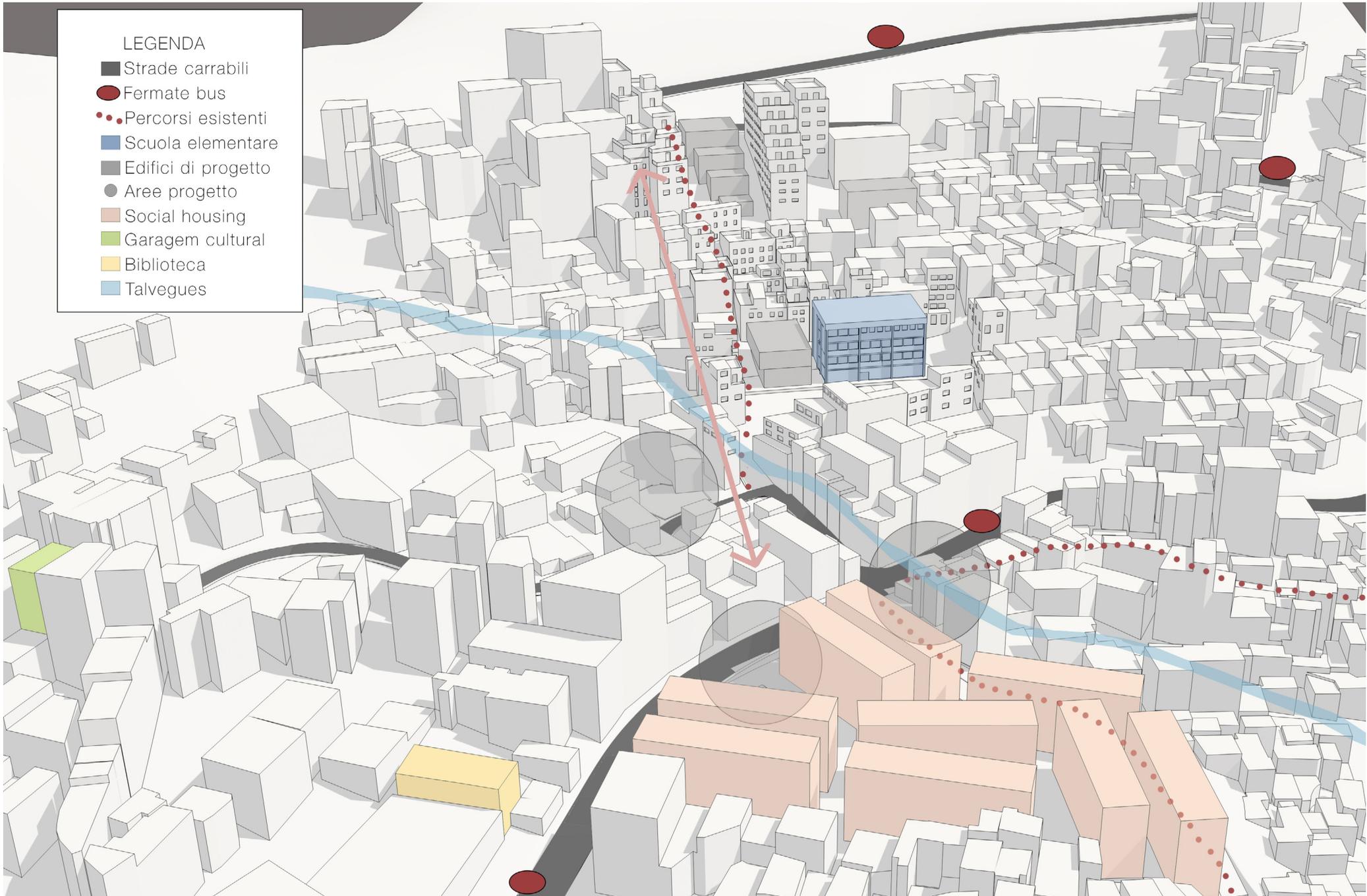


Figura 3.2 Vista dell'area di intervento

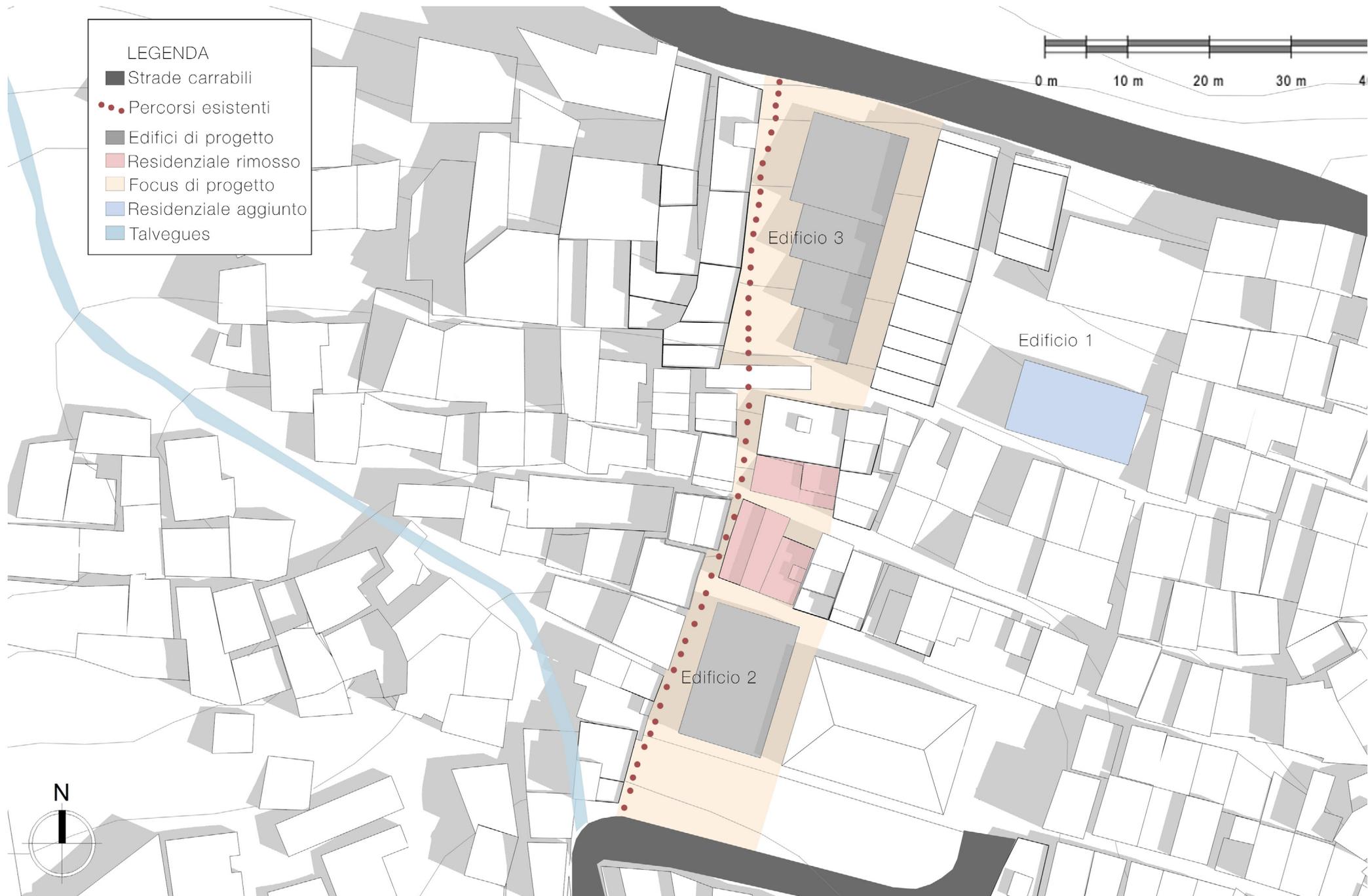


Figura 3.3 Ingrandimento vista dall'alto area di intervento

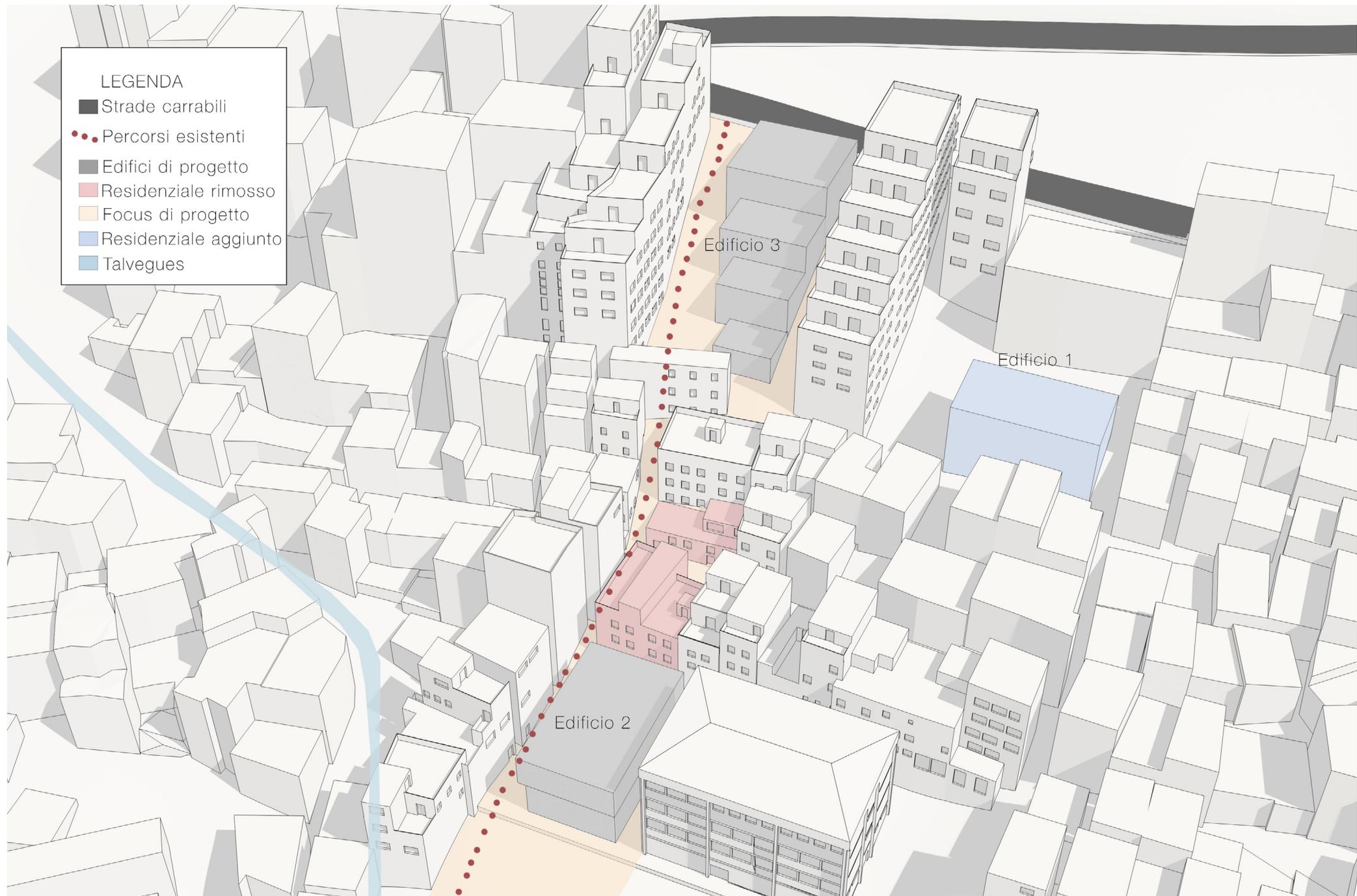


Figura 3.4 Ingrandimento area di intervento

3.2.2 Intervista alla comunità

Al fine di ottenere una migliore conoscenza della favela ed orientare al meglio le scelte progettuali al soddisfacimento delle principali necessità della comunità di Rocinha, è stato posto un sondaggio alla popolazione, ponendo i seguenti quesiti:

1. Di cosa avresti bisogno vicino casa tua? (Bar, scuole, negozi, campi da calcio, aree giochi, piazze pubbliche, parchi)
2. E' presente un accesso diretto alle funzioni principali quali supermercati, centri di cura, scuole, luoghi di raccolta dei rifiuti?
3. Hai accesso ad acqua pulita?
4. Quante persone vivono in casa con te?
5. Cosa ti piacerebbe avere sul tuo tetto praticabile? (tetto verde, veranda, spazio pubblico, pannelli solari)
6. Cosa ti piace particolarmente di casa tua e del tuo vicinato?
7. Cosa odi maggiormente di casa tua e del tuo vicinato?
8. Cosa proporresti per migliorare il luogo in cui vivi?

L'intervista ha interessato 54 soggetti di varie età comprese tra 15 e 54 anni.

Età campione	Numero	Percentuale %
15-24 anni	12	22,22
25-34 anni	21	38,89
35-44 anni	14	25,93
45-54 anni	7	12,96



Tabella 3.1 Età del campione intervistato

I risultati ottenuti dall'intervista, sono stati riassunti nei seguenti grafici:

1.

Funzioni richieste		
1	Bar	5%
2	Mercato	20%
3	Scuola	3%
4	Negozi	16%
5	Campi da gioco	10%
6	Aree gioco per bambini	22%
7	Piazze	9%
8	Parchi	15%

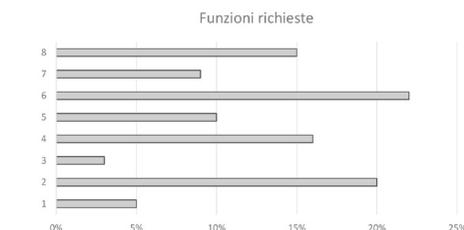


Tabella 3.2 Funzioni richieste

2.

Funzioni disponibili		
1	Supermercato	43%
2	Centro di cura	27%
3	Raccolta rifiuti	32%
4	Scuola	68%
5	Bar	54%

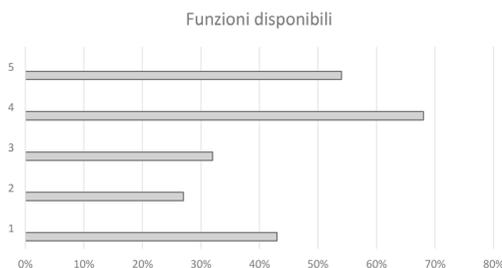


Tabella 3.3 Funzioni disponibili

3.

Accesso all'acqua pulita	
85%	SI
15%	No



Tabella 3.4 Accesso all'acqua pulita

4.

Persone che vivono in casa		
1	1-3 persone	12%
2	4-6 persone	50%
3	più di 6 persone	38%

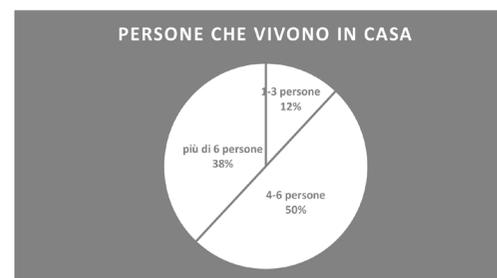


Tabella 3.5 Persone che vivono in casa

5.

Tetto richiesto		
1	tetto verde	40%
2	veranda	30%
3	spazio pubblico	12%
4	pannelli solari	18%

Tabella 3.6 Tipologia di copertura desiderata

Per quanto riguarda i rimanenti quesiti le principali problematiche emerse riguardano il pericolo per la sicurezza rappresentato dal narcotraffico e il problema sanitario dovuto principalmente a due aspetti: l'eccessiva densità abitativa che non consente di mantenere standards sanitari adeguati, quali la circolazione di aria e l'ingresso della luce negli edifici, la confluenza dei rifiuti prodotti nei canali a cielo aperto detti "talvegues" ciò causa un aumento del battente idrico e ne provoca l'esondazione con conseguente sversamento del contenuto in prossimità delle abitazioni.

Tabela 23 - *Referente ao número de residências entrevistadas.

Complexo da Rocinha: O que está faltando para que sua moradia seja melhor: (Pergunta 44) - **Questão aberta** - Mar/2010

Melhorias	Valor absoluto	Percentual
Ampliação da casa/ Construir mais cômodos	2617	10,4
Reforma/ Conclusão da reforma/ Pintura/ Colocar laje na casa/ Colocar piso/ Banheiro/ Acabamento/ Acabar com o vazamento / Infiltrações / Umidades/ Melhorias em geral	2068	8,2
Saneamento básico/ Rede de esgoto	1905	7,6
Casa nova/ Casa de alvenaria/ Moradia própria/ Mudar para outro lugar	1524	6,1
Urbanização/ Pavimentação/ Asfalto/ Calçamento/ Iluminação pública/ Transporte Coletivo/ Energia elétrica/ Telefone público	875	3,5
Limpeza pública/ Coleta de lixo	709	2,8
Abastecimento de água potável	546	2,2
Tranquilidade / Sossego/ Vizinhos mais educados/ Menos barulho/ Respeito/ Organização	489	1,9
Ventilação natural	283	1,1
Obra nas valas/ Muro de contenção	259	1,0
Segurança pública/ Acabar com a violência/ Combate ao tráfico de drogas	254	1,0
Área de lazer	238	0,9
Hospital/ Posto de saúde	183	0,7
Melhorar o acesso a residência/ Reformar o caminho/ Reformar os becos/ Reformar as escadas	160	0,6
Melhorar o trânsito	97	0,4
Oportunidade de emprego	84	0,3
Educação/ Escolas	76	0,3
Iluminação natural	33	0,1
Agência dos correios	29	0,1
Legalização do imóvel	23	0,1
Conclusão das obras do PAC	13	0,1
Outras respostas	196	0,8
Subtotal	12661	50,4
Não Informados	12474	49,6
Total*	25135	100,0

Tabella 3.7 Sondaggio governativo

Tabela 22 - Tabela referente ao número de residências entrevistadas.

Complexo da Rocinha: Poderia indicar quais os problemas que existem em sua casa? (Pergunta 43) - Mar/2010

Problemas	Sim		Não		NI	
	Abs	%	Abs	%	Abs	%
Pouca iluminação natural	10470	41,7	14395	57,3	270	1,1
Pouca ventilação natural	10442	41,5	14448	57,5	245	1,0
Pouco espaço	12104	48,2	12770	50,8	261	1,0
Rachaduras	3619	14,4	21220	84,4	296	1,2
Goteira	3255	13,0	21558	85,8	322	1,3
Fundação, paredes ou chão úmidos	5153	20,5	19700	78,4	282	1,1
Risco de deslizamento / desabamento / desmoronamento	1370	5,5	23456	93,3	309	1,2
Inundação	1421	5,7	23482	93,4	232	0,9
Rua ou vizinhos barulhentos	7421	29,5	17536	69,8	178	0,7
Vandalismo	2319	9,2	22352	88,9	464	1,8
Outros problemas*	167	0,7	5360	21,3	19608	78,0

In conclusione, le strutture di cura e le scuole risultano presenti in modo soddisfacente nel territorio e perciò non si prevede di integrare, con il nuovo intervento, quelle esistenti.

Emerge invece una mancanza di aree adibite al mercato, negozi e punti per la raccolta dei rifiuti. Circa il 60 % degli intervistati, chiede che vengano realizzate delle aree destinate ai bambini (kinder garden, campi di calcio e aree gioco). Si mostra con evidenza l'assenza di spazi pensati per i bambini della comunità, presenti in forte numero tra le strade della favela.

Tabela 22.1 - *Referente ao número de entrevistados que tem outros tipos de problemas em sua casa. (Ver tabela 22, item 11)

Outros problemas: (Pergunta 43.11) - Mar/2010

Outros problemas	Abs	%
Reforma	12	7,2
Barulho	9	5,4
Obras na vala	2	1,2
Limpeza pública	2	1,2
Saneamento básico	2	1,2
Vandalismo	2	1,2
Área de lazer	1	0,6
Banheiro	1	0,6
Centro espirita	1	0,6
Escadas	1	0,6
Vizinhança sem higiene	1	0,6
Outros	0	0,0
Subtotal	34	20,4
Não Informados	133	79,6
Total*	167	100,0

Tabella 3.8 Sondaggio governativo

3.3 Strategie progettuali

Gli obiettivi e le strategie progettuali vengono generati direttamente dall'analisi IMM condotta. I due punti fondamentali sono: **incremento dei vuoti** e **sviluppo dell'interface**.

I principali **obiettivi** di progetto sono:

- creazione di un **luogo per la comunità** con particolare attenzione alla popolazione giovane, in modo da conservare e sviluppare quel senso di appartenenza, mutua protezione e rispetto, valori fortemente presenti all'interno della favela.

Ci saranno diverse iniziative che verranno sviluppate con il diretto contributo della comunità, tra queste abbiamo: orti urbani e aree di coltivazione collettiva, verde pubblico, sistemi di accumulo di acqua piovana e riuso, arredo urbano con materiale di recupero e autocostruzione di alcune parti di edifici di intervento che coinvolgono la comunità in prima linea attenuandone l'impatto e facilitandone il recepimento. Tale metodologia costituirà un modello replicabile per Rocinha e per realtà simili ad essa, con possibilità di sviluppi futuri.

- creazione di **connessioni** tra i vari luoghi della favela con l'obiettivo di incrementarne l'accessibilità

- creare un **luogo dotato di forte potere attrattivo** sia per la popolazione locale, sia per la popolazione che abita al di fuori della favela, avviando dei flussi di interscambio che possono contribuire a ridurre la segregazione e il pregiudizio che questa comunità subisce dall'esterno.

- creare un **luogo salubre** con ventilazione, illuminazione, infrastrutture e sicurezza adeguati che consentano un miglioramento della qualità della vita dei "favelados".

- creazione di **nuove funzioni** sulla base delle analisi effettuate (residenze + spazi pubblici).

- **progettazione partecipata** che sfrutti le competenze della comunità, acquisite tramite la formazione mirata ad affrontare le sfide future.

La principale strategia operativa è quella dello **sviluppo verticale (EFFETTO LEGO)**.

Come già espresso in precedenza, la tecnica dello sviluppo verticale prevede la rimozione di edifici esistenti con funzione residenziale, dotati di uno, due o al massimo tre piani fuori terra e successiva ricollocazione degli stessi in sommità ad edifici esistenti. Questa metodologia operativa viene applicata seguendo una specifica logica che porta alla creazione di connessioni e spazi pubblici.

La strategia prevede il *minimo intervento al fine di preservare più possibile le strutture esistenti e minimizzare i costi*.

La pianificazione delle rimozioni è essenziale per l'urbanistica della favela a causa dell'elevata densità superficiale, inoltre la presenza di "talwegues"¹ sottopone le aree costruite di prossimità al rischio idrogeologico.

Per l'area in esame, la non prossimità di talwegues e la disponibilità di alcune aree libere consente di limitare le rimozioni a soli 3 edifici residenziali esistenti.

¹ Talwegues: è il percorso tortuoso che collega i punti più bassi di una valle attraverso il quale passano le acque di pioggia e delle sorgenti, può essere superficiale o sotterraneo.

Etimologia: Il termine proviene dal tedesco "talweg" che significa percorso di valle.

getto di urbanizzazione e spiegate le necessità e ragioni delle varie rimozioni, ciò al fine di convincere le famiglie colpite a comprendere la bontà del cambiamento imposto e ad accettarlo.

E' stata presentata una soluzione di housing in un'altra area molto vicina alle aree su cui sorgevano le case rimosse, in modo da contenere gli stravolgimenti emotivi, mantenere i legami di vicinato e l'accesso ai medesimi servizi pubblici

Il calcolo delle volumetrie residenziali sostitutive, oltre a garantire le volumetrie rimosse, prevede una parte in più, destinata a spazi pubblici in modo da garantire modalità abitative miste nel rispetto delle caratteristiche originarie degli insediamenti.

E' stato considerato anche il problema igienico-sanitario.

Infatti la terra in cui si trovano le favelas, fondovali, pendii, alvei e autostrade, fa parte di aree urbane che hanno ricevuto infrastrutture, attrezzature e servizi urbani parziali, incompleti e inadeguati.

Si tratta di terreni non integrati nella struttura urbana a causa della particolarità del territorio, terreni sfitti, resti di espropri o terre in contenzioso o in zone di elevata fragilità ambientale e pericolo.

L'urbanizzazione della favela dovrebbe essere parte di un insieme di interventi congiunti, il sistema stradale, il drenaggio delle acque, le fognature, tutti gli elementi dovrebbero essere integrati in una visuale complessiva che tenga conto anche della peculiarità del paesaggio, interconnettendo le varie aree isolate, attraverso scale e rampe integrate al sistema stradale del tratto inferiore più urbanizzato della favela.

Dal punto di vista economico, il miglioramento delle opportunità di generazione di reddito esistenti e dei livelli di occupazione attuali rappresentano un modo concreto di sostenibilità economica dell'iniziativa progettuale proposta.

Pensare ad una progettazione partecipata, che abbia come protagonisti gli abitanti della favela, dove la comunità, aiutata da fondi governativi di riqualificazione, investimenti privati, associazioni se disponibili, possa contribuire fattualmente alla realizzazione delle opere, permette di tenere conto della pluralità degli interessi presenti nel territorio e della normale conflittualità che si innesca nei processi di cambiamento, con il risultato di avere a disposizione un quantitativo di risorse umane e di capitali sensibilmente superiore.

L'intervento riguarda due scale: l'aspetto urbanistico con sviluppo di connessioni, spazi pubblici e infrastrutture e quello architettonico con sviluppo di uno o più edifici di dettaglio.



Figura 3.5 La strategia

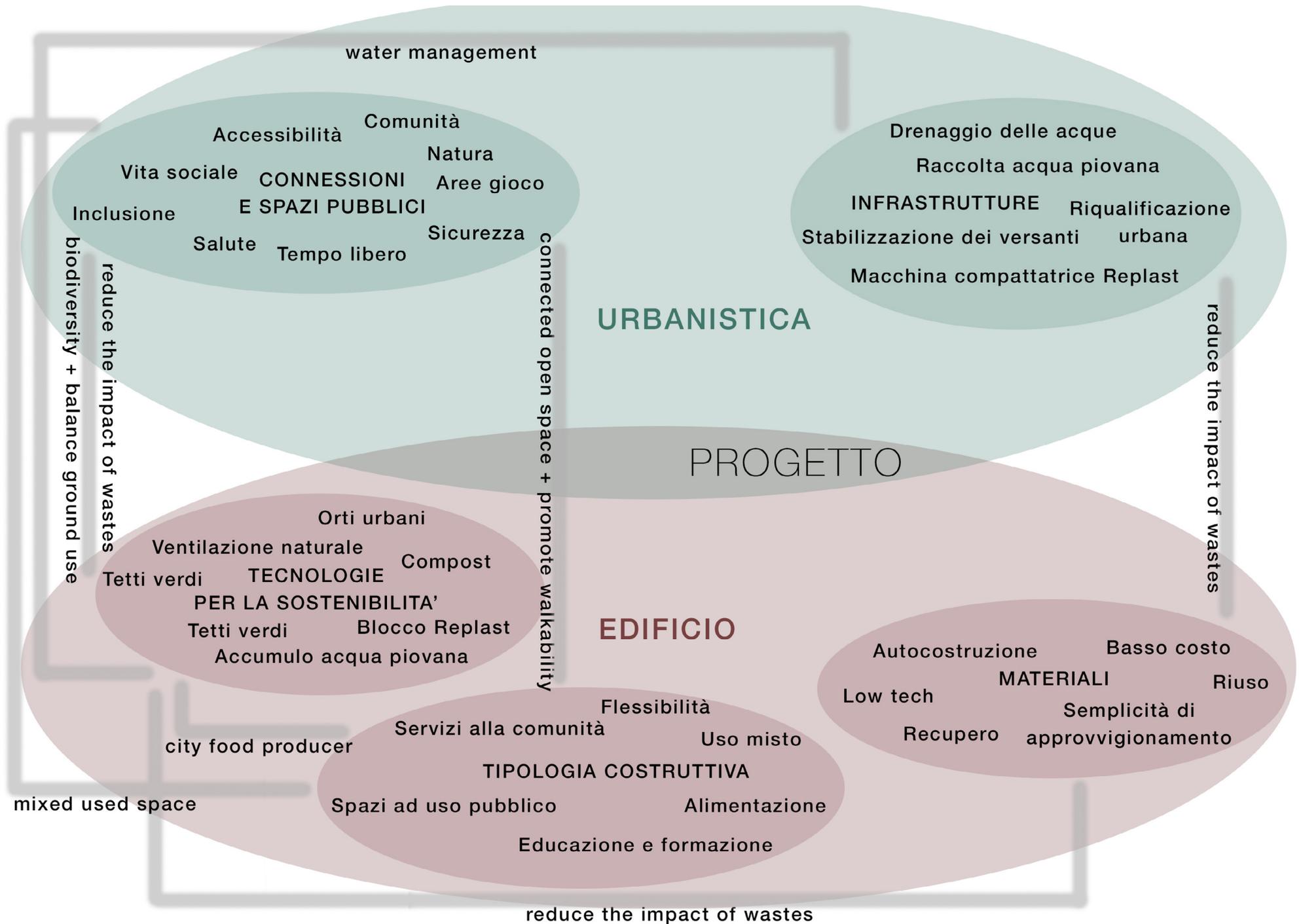


Figura 3.6 Diagramma obiettivi e strategie di progetto

3.4 Concept

1) Localizzazione

Il progetto per Rocinha è localizzato lungo un percorso che unisce la parte Nord della favela, situata subito al di sotto della foresta ed in corrispondenza di Estrada da Gavea e la parte centrale, situata più in basso.

L'intervento presenta possibilità di espansione a Est, per la presenza di spazio disponibile dedicato alla ricollocazione delle residenze rimosse e a Sud per la presenza della libreria municipale e del complesso del social housing che si affacciano su Estrada da Gavea bassa.

2) Collegamenti

Il progetto si propone come punto di attrattiva sia visuale che tipologica per la favela, proponendo differenti funzioni al suo interno.

Il complesso di edifici di progetto definisce una nuova proporzione tra costruito e spazi aperti, la sfera più privata e la sfera pubblica sono condensati nello stesso luogo, in contatto diretto, creando luoghi di incontro per la vita pubblica.

Molte aree della favela risultano segregate e inaccessibili, creare un sistema di accesso che possa migliorare la situazione di quegli abitanti può fornire una risposta sociale più totalizzante ed efficace.

L'introduzione di una passerella pedonale collocata in posizione intermedia e la realizzazione di un percorso di scale più comodo e praticabile, mirano alla semplificazione della mobilità locale e invitano alla scoperta di nuovi spazi.

3) Un posto migliore per vivere

La favela è un ambiente giovane, dinamico e in continua evoluzione, l'obiettivo del progetto è la realizzazione di un ambiente costruito dalla comunità per la comunità, dove gli standards di vita dovrebbero essere i più alti possibili.

Creare nuovi spazi pubblici aperti e chiusi per i più piccoli e per i giovani in genere è un elemento di centralità per il progetto.

4) Educazione

La presenza di un centro di formazione mira a proferire insegnamenti mirati ai membri della comunità finalizzati all'apprendimento di una specifica mansione con successivo impiego delle risorse umane nel contesto della favela.

I membri della comunità avranno la possibilità di mostrare la maestria acquisita con le tecniche costruttive direttamente negli ambiti costruttivi degli edifici di progetto.

Tra i residenti di Rocinha ci sono molti lavoratori che possono rapidamente apprendere gli insegnamenti e riprodurli all'interno della comunità, creando quel filo conduttore verso il futuro della comunità.

L'educazione è centrale nel progetto anche dal punto di vista alimentare, in quanto le abitudini alimentari dei "favelados" sono volte al consumo di cibo confezionato e spazzatura, attraverso un costante impegno nel diffondere la cultura del buon cibo e della vita sana.

5) Sostenibilità

L'approccio autosostenibile è un elemento centrale per la favela. Ad oggi molti dei rifiuti prodotti dalla favela, soprattutto materie plastiche, vengono sparse per la favela, creando diffuse problematiche igienico-sanitarie, poichè finiscono nei canali fognari a cielo aperto o nelle talwegues provocando il traboccare delle acque che si riversano nelle case degli abitanti della favela provocando gravissimi dissesti igienico-sanitari.

La realizzazione di orti urbani coltivabili dalla comunità, promuove la sostenibilità e riavvicina la popolazione ai prodotti della terra a Km 0, ciò rientra in un'ottica edificante di riduzione dei costi e decongestionamento della favela da inquinamento promuovendo il prodotto locale e privilegiando la manodopera interna.

La sostenibilità comporta un approccio circolare per il progetto, il cibo, l'energia, l'acqua ed ogni altra attività che coinvolga la comunità, dovrebbero rientrare in un'unica visione d'insieme finalizzata ad un uso responsabile.

La sensibilizzazione della comunità su un più minuzioso utilizzo delle risorse e una migliore organizzazione sono importanti ai fini di poter perseguire gli obiettivi di miglioramento della vita della popolazione.

6) Bene comune

L'intero progetto è progettato per la comunità in un'ottica di autosufficienza e di autoprotezione, ciò accresce il senso di appartenenza e la cura per gli spazi comuni di progetto.

7) Recupero e riuso

L'intervento prevede la realizzazione di una serie di dotazioni per l'accumulo e il riuso dell'acqua piovana da destinare al lavaggio delle superfici adibite al mercato coperto, piano di lavoro, superfici esterne e tutte quelle applicazioni per le quali non è previsto l'utilizzo di acqua potabile.

L'utilizzo di una cisterna con pompa sommersa, permette l'accumulo di circa 30000 litri d'acqua piovana i cui utilizzi sono molteplici.

L'acqua in accumulo permette il lavaggio delle superfici interne di pavimento della mensa e del centro di formazione oltre al lavaggio delle superfici esterne, inoltre, grazie a un sistema di tubazioni che collega la cisterna interrata ai servizi igienici dell'edificio 2, soddisfa parte del fabbisogno idrico degli stessi oltre a provvedere all'irrigazione, tramite sistema a goccia, dell'orto urbano situato in copertura all'edificio 2.

In riferimento alla necessità di liberare la favela dalla massiva presenza di rifiuti di natura plastica che contribuiscono fortemente ai problemi igienico-sanitari dell'area, è previsto l'utilizzo di un macchinario brevettato dalla start up "By-Fusion" per la compattazione dei rifiuti di materiale plastico che, prelevati in loco, vengono trasformati in blocchi di chiusura perimetrale per gli edifici di progetto.

Un'altra iniziativa di progetto che prevede il recupero e riuso, utilizza vecchi pneumatici, tubi innocenti e tavole in legno di cantieri in disuso, per costruire in autocostruzione elementi utilizzabili per il tempo libero che contribuiscono alla rigenerazione e rivalorizzazione degli spazi urbani della favela.

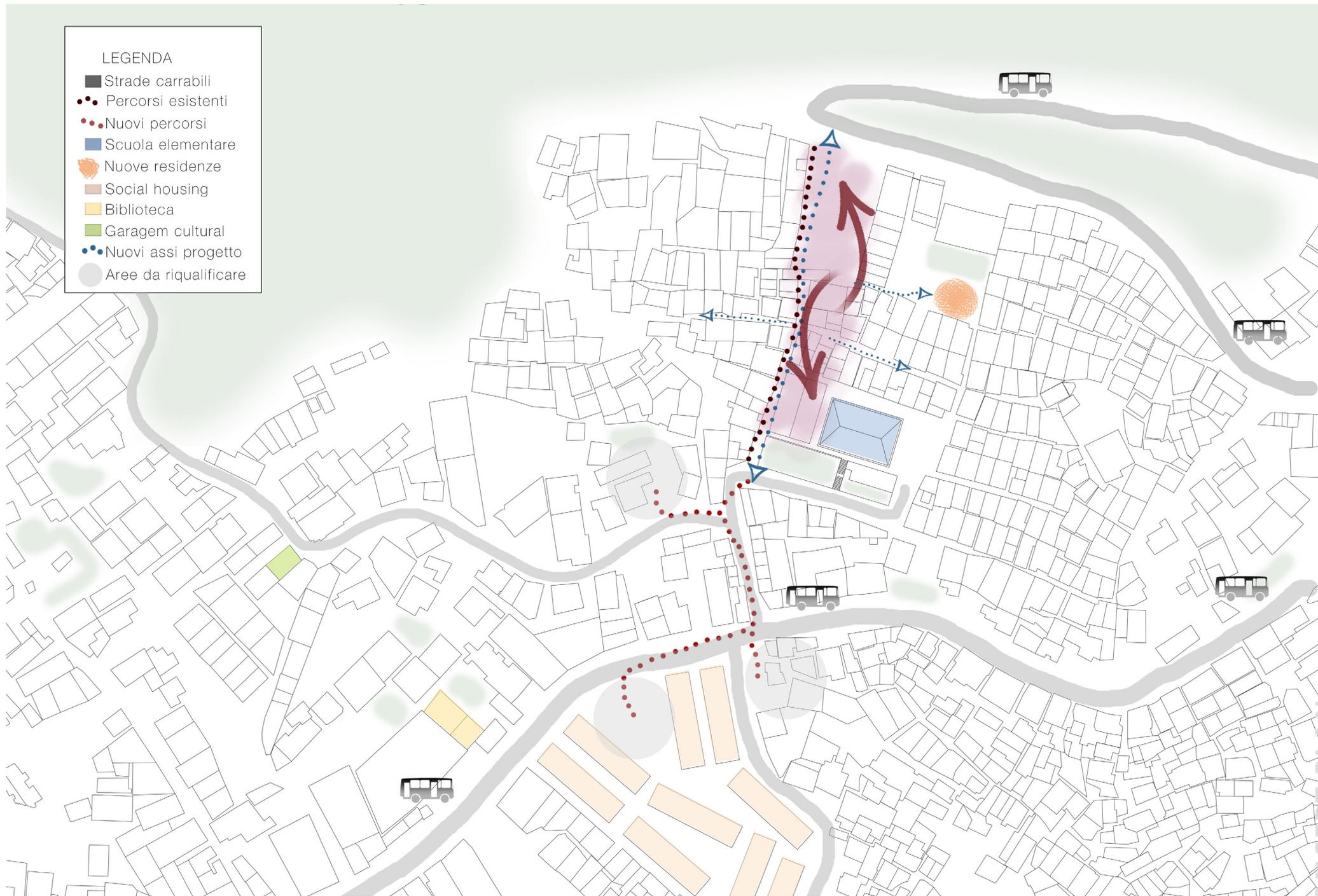


Figura 3.7 Concept plan

3.5 Masterplan

3.5.1 Intervento e calcoli

Dal punto di vista urbanistico, l'intervento comporta l'identificazione di alcuni edifici situati nell'area di progetto che vengono considerati rimovibili per la posizione sfavorevole che occupano (sbarramento passaggi pedonali di connessione da realizzare, eccessiva vicinanza o occupazione aree di nuova costruzione).

Gli edifici passibili di rimozione presentano un'altezza di uno, due o massimo tre piani fuori terra.

Successivamente si sono definite le aree vicine su cui costruire le aree distrutte, calcolando le superfici in base alle funzioni distrutte e di conseguenza le superfici da ricostruire, la ricostruzione ha previsto ulteriori aree rispetto a quelle esistenti permettendo un incremento della vivibilità e qualità della vita.

La rimozione riguarda principalmente l'edificio A con funzione pubblica e B,C,D,E con funzione residenziale e ne prevede la ricollocazione in un'area vicina, al fine di mitigare gli impatti sulle popolazioni interessate.

Tramite il calcolo dell'area rimossa per piano e per edificio si è risaliti all'area e volumetria rimosse in totale.

I medesimi calcoli riguardano l'edificio 1 che sostituisce le residenze rimosse, per il quale sono state incrementate le superfici di pertinenza per il miglioramento della vivibilità.

L'edificio 2, ospita funzioni pubbliche e sostituisce l'edificio A che viene rimosso, anch'esso prevede una sensibile estensione degli spazi dedicati alla comunità migliorando l'inclusione e la partecipazione sociale.



Figura 3.8 Volumetrie rimosse



Figura 3.9 Volumetrie aggiunte

Edifici rimossi	Numero	Numero piani rimossi	S [m ²] rimossa per piano	S totale [m ²] rimossa per edificio	% Residenziale	% spazio pubblico	Volumetria totale rimossa [m ³]
A	1	1	250	250	0	100	1450
B	2	1	75	190	100	0	570
B	3	1	75		100	0	
B	4	1	40		100	0	
C	5	1	42	84	100	0	252
C	6	1	42		100	0	
D	7	1	36	72	100	0	216
D	8	1	36		100	0	
E	9	1	30	80	100	0	240
E	10	1	30		100	0	
E	11	1	20		100	0	
				676			2728

Tabella 3.9 Calcolo superfici e volumetrie rimosse

Edifici aggiunti	Numero	Numero piani aggiunti	S [m ²] aggiunta per piano	S totale [m ²] aggiunta per edificio	% Residenziale	% spazio pubblico	Volumetria aggiunta [m ³]
1	1	1	180	720	100	0	2160
1	2	1	180		100	0	
1	3	1	180		100	0	
1	4	1	180		100	0	
2A	5	1	225	435	0	100	1545
2B	6	1	210		0	100	
				1155			3705

Tabella 3.10 Calcolo superfici e volumetrie aggiunte

3.5.2 Nuove funzioni

Effettuate le rimozioni si procede alla realizzazione degli edifici di progetto nell'area di intervento.

La ricollocazione degli edifici sostitutivi implementa le funzioni originarie migliorando la vivibilità degli spazi e viene svolta in aree limitrofe alle aree d'origine, minimizzando l'impatto del cambiamento sulle vite delle popolazioni interessate.

L'edificio 1 ospita le nuove residenze e sostituisce le tipologie residenziali rimosse, prevede un incremento di superficie rispetto alle quantità originarie che risultavano inadeguate e insufficienti a garantire una buona vivibilità degli spazi. Gli spazi aperti di pertinenza dell'edificio 1 sono caratterizzati dall'ampia presenza di verde e dal collegamento diretto con l'edificio 3 che ospita diversi spazi pubblici dedicati alla comunità.

L'edificio 2 ospita delle funzioni di pubblica fruizione, una mensa al piano terreno e un centro di formazione al piano primo. Negli spazi di pertinenza dell'edificio 2, trovano collocazione le aree gioco per bambini. Una passerella pedonale è collocata a proteggere dalle intemperie e dal soleggiamento diretto questi spazi fragili dedicati ai più piccoli, oltre a definire un collegamento in quota tra Rua Samaritana e la copertura dell'edificio 2. La passerella non si propone soltanto come elemento di collegamento ma contribuisce a generare uno spazio dinamico, panoramico e di aggregazione per la comunità.

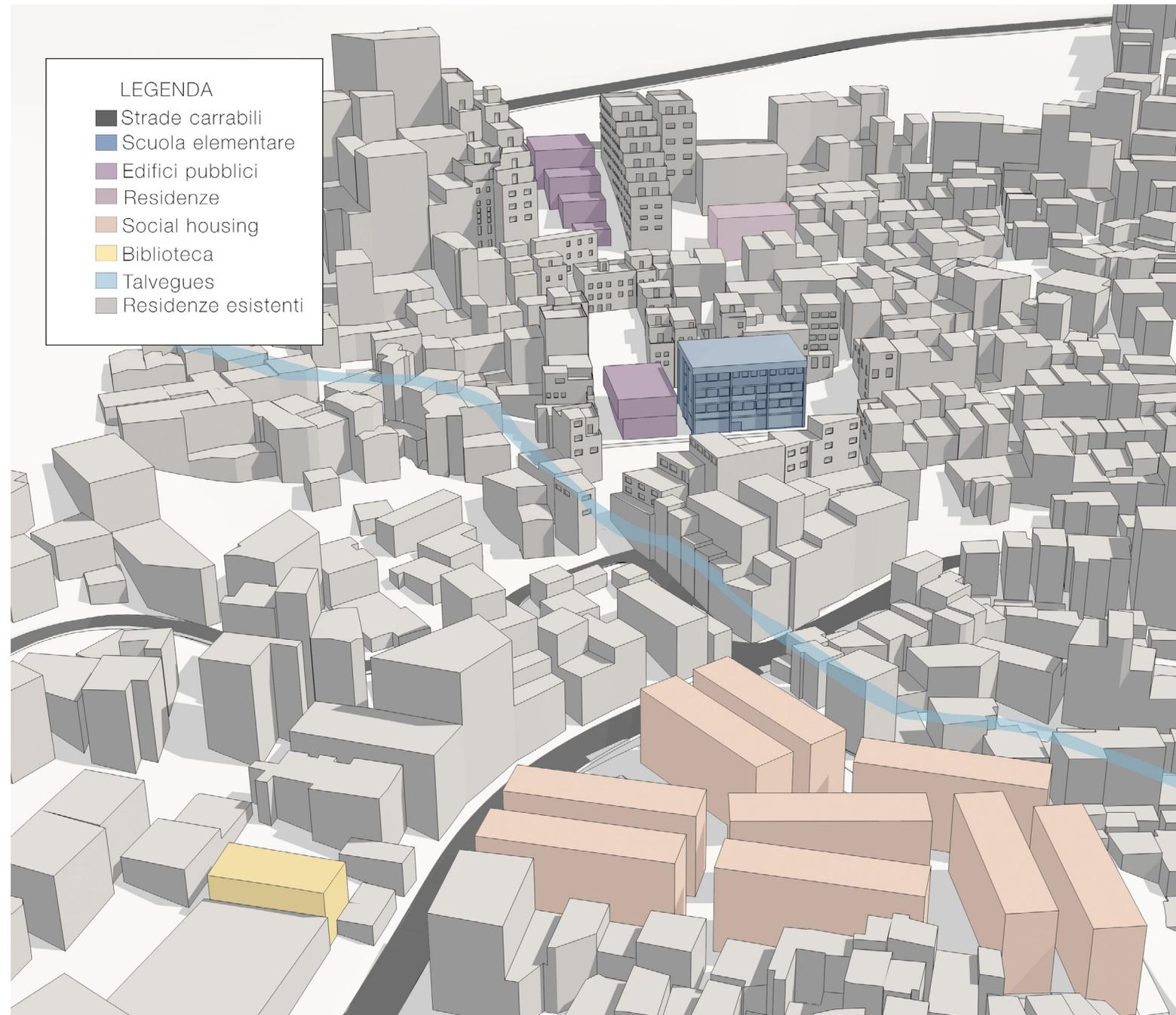


Figura 3.10 Nuove funzioni

L'edificio 3 ospita delle funzioni di pubblica fruizione, l'edificio terrazzato ospita, partendo dal basso e salendo progressivamente, due spazi collegati adibiti ad infopoint e laboratorio di cucina, al livello successivo troviamo una nuova sede per l'associazione "Il sorriso dei miei bimbi" dotata di uno spazio esterno coperto dedicato ai laboratori creativi per bambini, al livello superiore troviamo un piccolo mercato di frutta, verdura e semi che dispone di uno spazio esterno coperto dedicato a fiori e piante.

Un ultimo spazio esterno coperto, con prospicienza diretta su Estrada da Gavea, ospita stand dedicati al fresh street food e Churrasco, cibo molto diffuso ed amatissimo dai brasiliani, con l'obiettivo di fornire un luogo di riferimento per la comunità dove i venditori occasionali, presenti in grande quantità nella favela, concentrandosi nello stesso luogo possono rivolgersi ad un più ampio bacino d'utenza beneficiando dei servizi che la struttura mette a disposizione della comunità.



Tabella 3.11 Funzioni esistenti pre-intervento



Tabella 3.12 Funzioni nuove post-intervento

L'intervento progettuale è contenuto all'interno dell'area 5, definita dall'analisi IMM condotta inizialmente.

La volontà di estendere questa azione anche alla scala urbana, porta alla definizione di ulteriori tre aree di intervento, che amplificano e diffondono l'iniziativa di progetto ad altre porzioni della favela, mostrando alla comunità la replicabilità di questo nuovo approccio.

L'area A1 è collocata su Rua Dioneia, lungo il percorso che, partendo dall'area di progetto 5, conduce al Garagem, il caffè letterario di Rocinha che è uno spazio socio-culturale molto attivo per la comunità, proponendosi di rafforzare il legame della popolazione con l'educazione e la cultura.

Si genera un luogo di aggregazione e allegria per i bambini, dove i genitori possono fruire di apposite sedute, anche coperte, in cui rilassarsi osservando i propri figli giocare divertendosi in uno spazio protetto dai pericoli della strada.

L'area A2 è collocata su Estrada da Gavea bassa, in prossimità del social housing, la presenza di uno spazio pubblico con poche panchine ed alberature viene integrato con ulteriori sedute che vengono situate ai margini della piazza rafforzando la possibilità per la comunità di fruire di questo spazio rinnovato.

L'area A3 è collocata all'incrocio tra Rua Nova ed Estrada da Gavea, subito dietro il complesso del social housing ed ospita zone per il relax con sedute e postazioni per effettuare il work-out all'aperto.

La costruzione dei dispositivi per il relax e il tempo libero, prevede il recupero e riuso di rifiuti prelevabili in loco, da reimpiegare per la rigenerazione dei nuovi spazi urbani.

La struttura portante dei dispositivi realizzati in autocostruzione, prevede l'applicazione, all'interno di vecchi pneumatici che fanno da cassaforma di contenimento, di un getto di cemento in cui sono annegati dei tubi innocenti da riuso provenienti da vecchi cantieri.

La struttura portante realizzata con i tubi innocenti viene completata da listelli in legno che vengono chiodati ai profili metallici e successivamente verniciati con varie colorazioni. La pulitura e rifacimento delle pavimentazioni di pertinenza delle suddette aree conferisce completezza al progetto.

Anche questa tipologia di intervento vuole aderire alla strategia dell'autocostruzione, dove la comunità unisce le forze e partecipa alla scelta degli elementi, dalla progettazione alla realizzazione finale. Il riuso di ciò che la favela considera un rifiuto privo di utilità vi conferisce nuova vita, abbattendo i costi complessivi di realizzazione e ripulendo automaticamente l'ambiente in cui vive la comunità, con

segnando alle future generazioni l'opportunità di un riscatto sociale e la speranza di una vita migliore.



Figura 3.11 Rendering altezza uomo area giochi per bambini A1



Figura 3.12 Rendering volo d'uccello area giochi per bambini

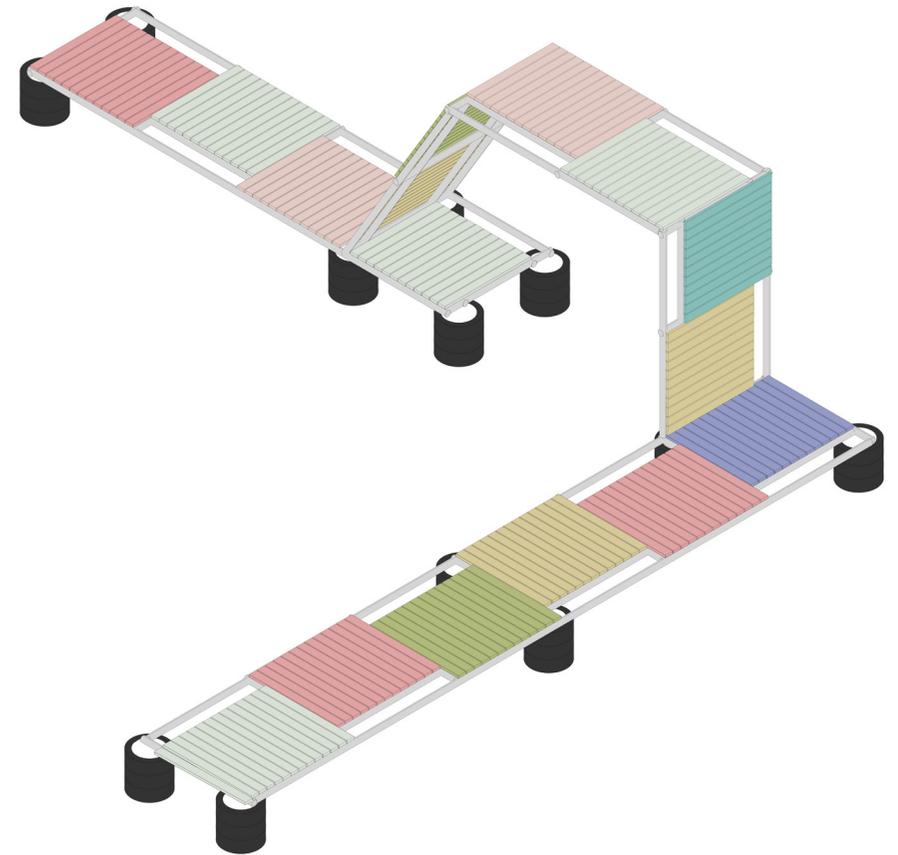


Figura 3.13 Vista assometrica arredo urbano da riuso area A1



Figura 3.14 Rendering altezza uomo piazza area A2

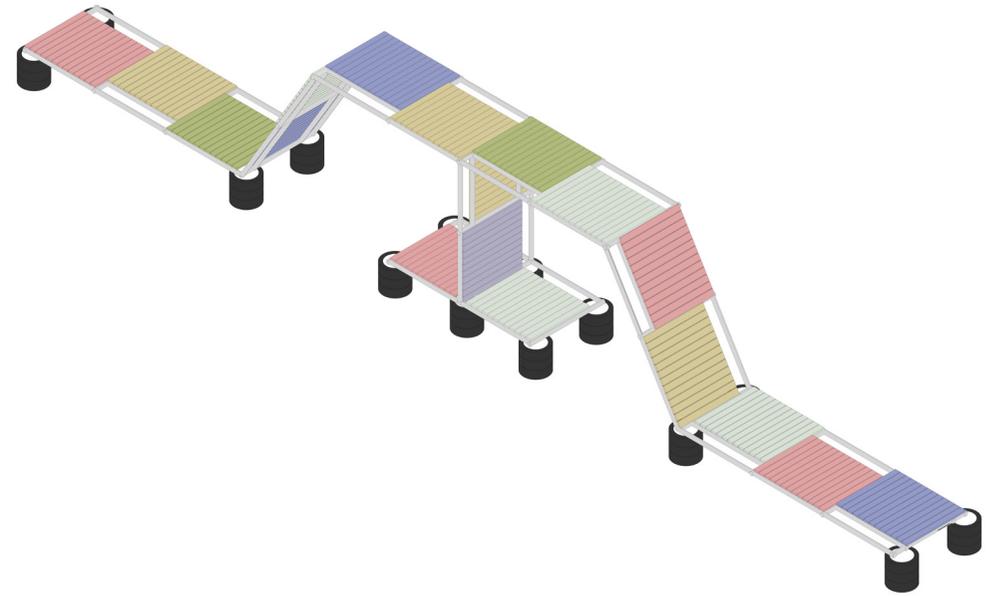


Figura 3.15 Rendering volo d'uccello piazza area A2

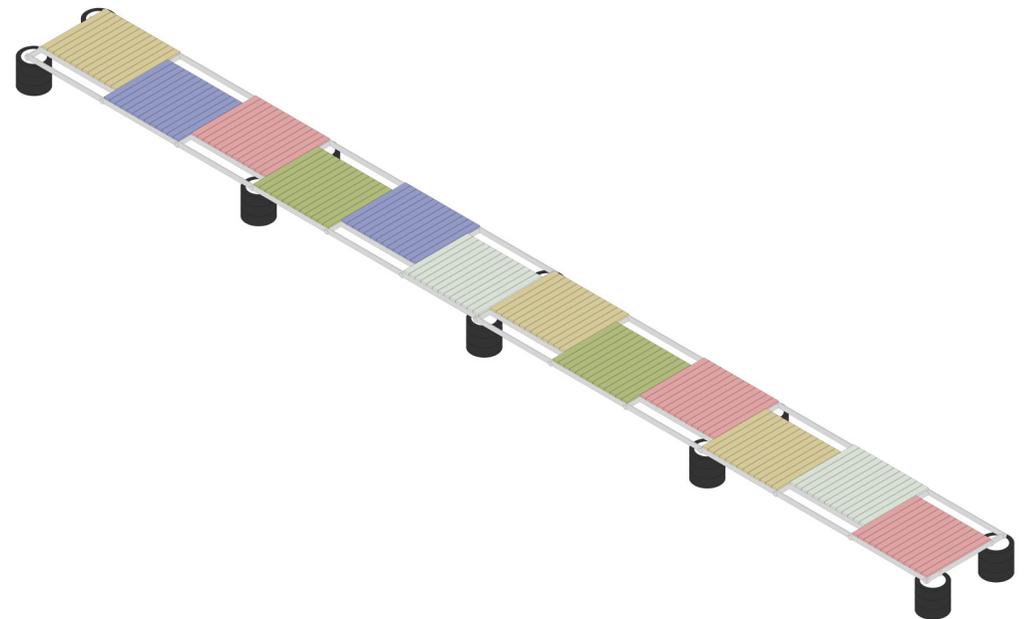


Figura 3.16 Vista assonometrica arredo urbano da riuso area A2



Figura 3.17 Rendering altezza d'uomo area A3

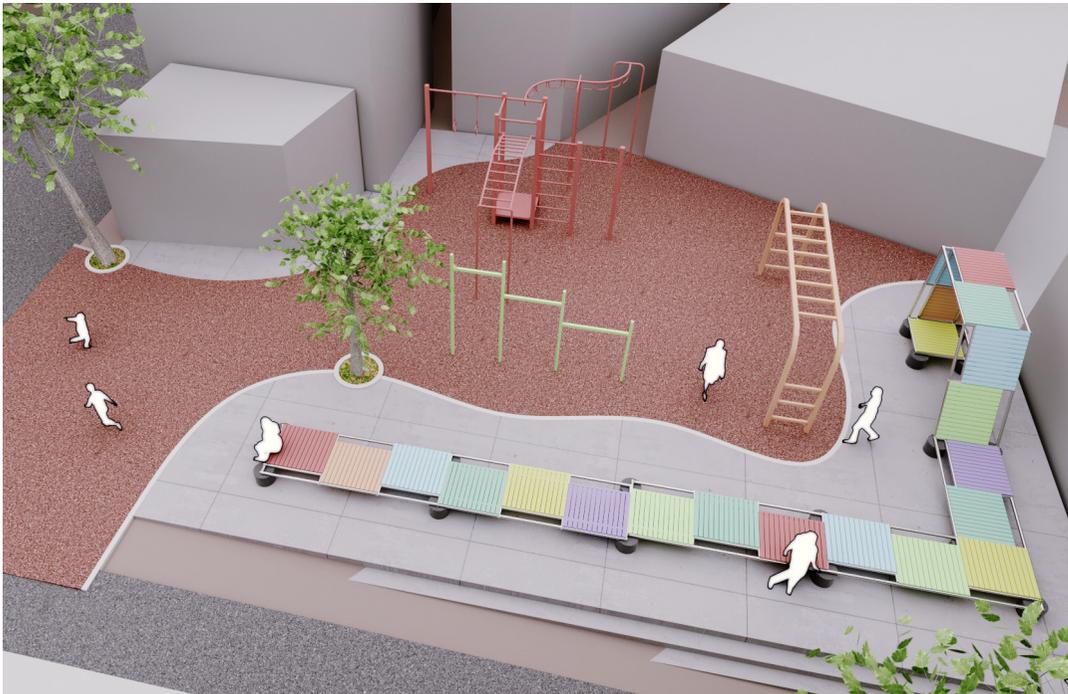


Figura 3.18 Rendering volo d'uccello area A3

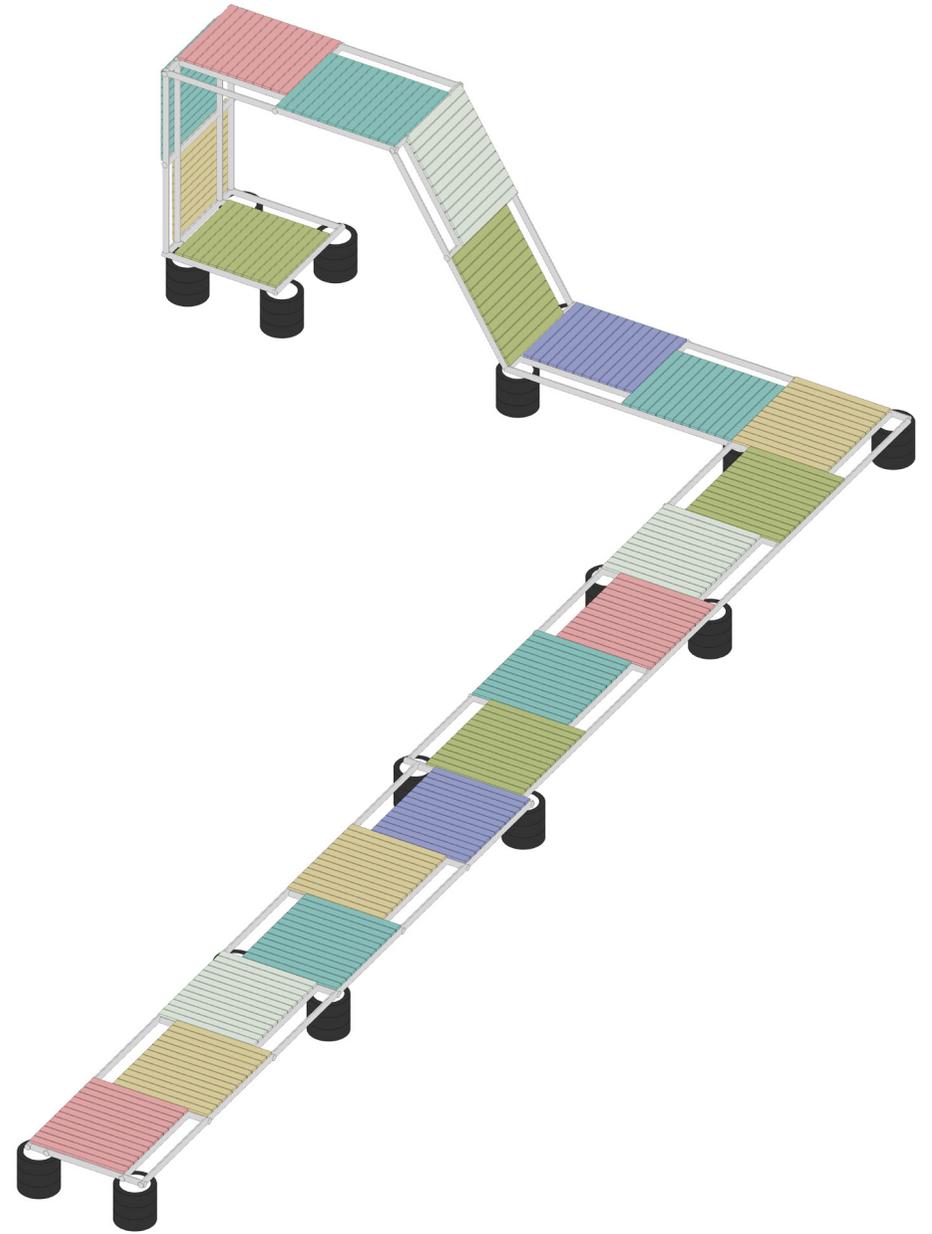


Figura 3.19 Vista assometrica arredo urbano da riuso area A3

3.5.3 Masterplan finale



Figura 3.20 Masterplan scala 1:1000



Figura 3.21 Masterplan scala 1:500

Nel masterplan le strategie progettuali iniziali, applicate alla grande scala, vengono tradotte ad una scala locale in cui i metodi e gli strumenti vengono riparametrati e maggiormente dettagliati.

La tipologia e il numero di utenti diventano più specifici e le funzioni vengono espresse con maggiore precisione.

Come si può vedere nell'area di progetto si crea una connessione forte tra la parte superiore di Rocinha e la parte situata più in basso, incrementando la permeabilità dello spazio e la sua vivibilità da parte della comunità.

L'area di progetto ha come suo principale elemento di sviluppo la nuova connessione realizzata attraverso una scala sicura, che partendo da Estrada da Gavea, raggiunge Rua Samaritana e procede verso la zona bassa prossima a Estrada Dioneia, ricucendo le due parti di favela. Questo nuovo percorso, ha accesso, ai vari livelli, direttamente agli spazi di progetto che ospitano le nuove funzioni, situati all'interno dell'edificio 3 e dell'edificio 2, inoltre dispone di spazi aperti di aggregazione ed aree gioco per bambini.

L'edificio 1 che ospita le nuove residenze per le famiglie destinatarie delle iniziative di rimozione, è collocato in prossimità ai siti dove hanno avuto luogo le rimozioni, ciò al fine di ridurre gli impatti del cambiamento sulle famiglie interessate dalla mobilitazione, sono luoghi molto più adeguati alle esigenze di vita delle famiglie che prevedono oltre ad un incremento delle superfici da destinare a ciascuna abitazione, anche l'aggiunta di aree verdi.

L'edificio 3 che ospita il mercato, la sede dell'associazione "il sorriso dei miei bimbi", il laboratorio di cucina e l'infopoint, è un luogo

in cui diverse attività vengono svolte e questa multifunzionalità esercita un forte potere attrattivo verso le aree limitrofe della favela

L'edificio 2 che ospita la mensa e il centro di formazione eroga dei servizi fondamentali per il miglioramento delle condizioni di vita e per il rilancio sociale della comunità di Rocinha.

L'obiettivo di avere funzioni facilmente accessibili è parte integrante dell'approccio adottato, considerando che le principali funzioni sono suddivise tra i vari edifici risulta di vitale importanza assicurare un'adeguata connettività degli stessi tramite nuovi percorsi.

Gli interventi realizzativi attuati, rispondono ad una logica di progettazione sostenibile per l'ambiente di vita in cui si collocano, tale obiettivo viene perseguito cercando di attenuare l'impatto delle nuove costruzioni facendo ricorso alla vegetazione con corrispondente riduzione della massiva presenza di cemento che affligge l'assetto urbano della favela.

Questo approccio è in linea con gli obiettivi di miglioramento delle condizioni di vivibilità degli spazi, incremento della ventilazione, riduzione del soleggiamento diretto negli edifici, miglioramento della circolazione e delle condizioni igienico-sanitarie dell'ambiente. Il problema igienico-sanitario può essere attenuato facendo ricorso al riciclo e riuso dei rifiuti che vengono prodotti all'interno della favela, riducendo il quantitativo di materiale di scarto che finendo nelle fognature a cielo aperto, ne provoca l'intasamento.

La realizzazione delle aree A1, A2, A3 vocate al riciclo e riuso dei materiali di scarto vuole diffondere questo approccio anche ad altre zone della favela testandone la replicabilità.

3.6 Design preliminare

3.6.1 Studio dei volumi

Per quanto riguarda lo sviluppo dei volumi e gli allineamenti di progetto, l'intervento ha avuto inizio con l'identificazione di alcuni assi, generati dalla presenza di edifici esistenti di impatto e dimensioni rilevanti che definiscono continuità e proporzioni.

Sulla base di questi assi viene delimitata l'area di intervento e costituiti i limiti all'azione progettuale, ulteriori assi secondari vanno poi a definire le geometrie di progetto.



Figura 3.22 Assi principali e secondari

In ambito di analisi preliminare, il primo passo da compiere è quello di trovare la posizione più corretta per collocare in sito gli edifici di progetto.

Questa scelta è stata facilitata dalla conformazione dell'area di progetto che è suddivisa in due parti strette e allungate con orienta-

mento prevalentemente sull'asse Nord-Sud, con pendenze che si aggirano intorno al 40% come si può vedere nelle figure seguenti, l'elevata pendenza del terreno ha rappresentato infatti la forzante più gravosa in termini progettuali.

Nonostante questa conformazione restringa fortemente il campo degli orientamenti e delle volumetrie possibili da conferire ai futuri edifici, le rimozioni collocate nell'intermezzo tra le due parti vengono ricollocate in prossimità di un'area libera, in questo modo si riesce ad ottenere lo spazio necessario alle aggiunte di progetto.

Essendo il terreno in forte pendenza da Estrada da Gavea, che è il limite superiore dell'area, fino a Estrada Dioneia che ne delimita inferiormente lo sviluppo, si è pensato ad una volumetria che potesse minimizzare gli spostamenti di terreno, considerata anche l'impossibilità di utilizzare grandi mezzi per il movimento terra.

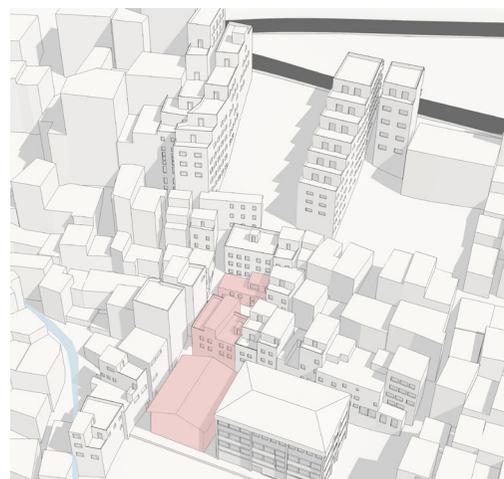


Figura 3.23 Vista area con edifici rimossi



Figura 3.24 Sezione longitudinale 1



Figura 3.25 Sezione longitudinale 2

Per la volumetria di progetto dell'edificio 3 si è pensato ad una tipologia a terrazzamenti che ad ogni livello sono direttamente serviti dalla scala, tale configurazione segue lo sviluppo decrescente del terreno, ciò riduce i volumi di terra da movimentare quasi a zero, permettendo di operare un compenso pressochè perfetto tra volumi di scavo e di riporto.

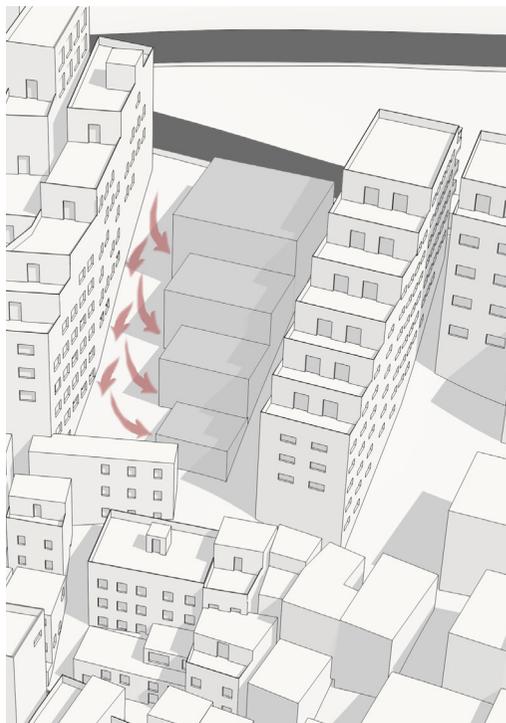


Figura 3.26 Vista area con edificio

La volumetria di progetto relativa all'edificio 2 è interamente fuoriterra poichè scendendo la pendenza gradualmente si annulla, ciò rende anche più semplici e sicure le operazioni costruttive.

L'obiettivo di favorire i flussi e implementare le connessioni viene perseguito sia a livello terreno, con la realizzazione del nuovo sistema di

scale, sia in quota realizzando una passerella pedonale che direttamente dalla Estrada Samaritana permette di raggiungere la copertura fruendo di uno spazio sopraelevato protetto e dedicato alla comunità dove si può godere di una magnifica vista sulla favela.



Figura 3.27 Vista area con edificio

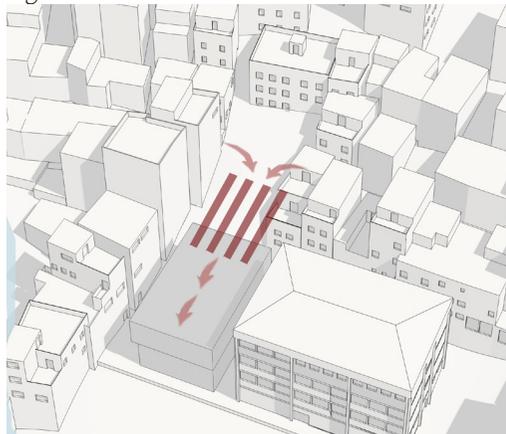


Figura 3.28 Vista area con creazione della passerella pedonale che connette Estrada Samaritana e la copertura dell'edificio 2

I due interventi apparentemente separati trovano continuità mediante una breccia ricavata al livello terreno dell'edificio esistente che si frappone tra essi.



Figura 3.29 Vista dell'edificio esistente sul quale realizzare la breccia

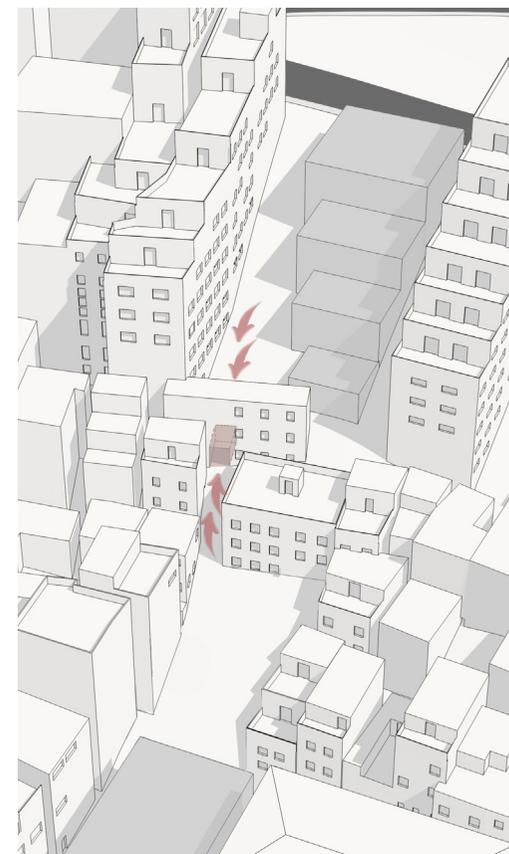


Figura 3.30 Vista dell'edificio esistente con breccia



Figura 3.31 Vista dall'alto dell'edificio esistente sul quale realizzare la breccia

3.6.2 Reference

Questa parte del lavoro presenta i riferimenti che sono stati utilizzati durante la fase di progettazione, da essi traggio l'ispirazione, al fine di ricreare nel mio lavoro, le emozioni che queste opere sono capaci di trasmettere. Vi sono riferimenti specifici relativi alla progettazione e allo studio delle soluzioni di facciata, riferimenti che presentano soluzioni adottate in alcuni progetti per risolvere le problematiche di cui la favela soffre e che propongo di adottare nel mio lavoro, inoltre vi sono dei riferimenti di progetti realizzati per insediamenti informali come la favela e baraccopoli sviluppati sulla base dei bisogni e delle richieste delle varie comunità.

Questo lavoro, dopo aver realizzato un lungo ed attento confronto con la progettazione e lo stile dei grandi maestri dell'architettura brasiliana, ha ricercato un proprio linguaggio che potesse tradurre questi spunti nell'azione di progetto. L'architettura risultante da questo importante confronto conserva i tratti architettonici propri della favela uniti al repertorio stilistico della tipica architettura brasiliana di Lina Bobardi, Paulo Mendes da Rocha, Lucio Costa, Alfonso Eduardo Reidy, Roberto Burle Marx, Alvaro Vital Brasil, Henrique Mindlin, Rino Levi ed altri architetti come Benitez Solano, Alejandro Aravena che si occupano di architettura sociale, allontanandosi dalla classica visione meccanicistica e personalistica che l'architettura ha assunto negli ultimi anni.

DESIGN DELLE FACCIATE

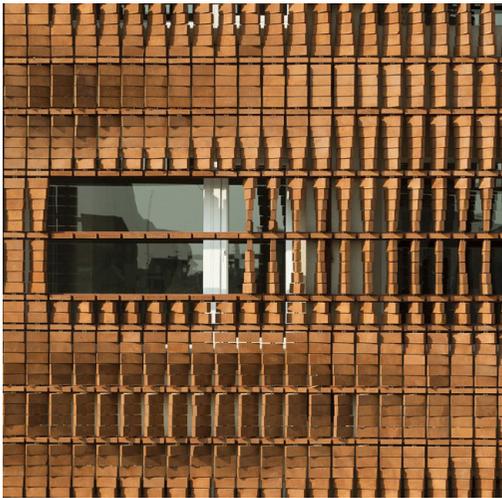


Figura 3.32 Cloacked in bricks, Teheran, Admun Design e Construction Studios (2015).



Figura 3.34 Lucio Costa, Guinle Park residential buildings, Nova Cintra (1948)



Figura 3.36 Alejandro Aravena, Elemental, Quinta Monroy, Sold Pedro Prado, Iquique, Tarapacá, Chile (2003)



Figura 3.33 Cloacked in bricks, Teheran, Admun Design e Construction Studios (2015).



Figura 3.35 MMM Roberto, Julio de Barros Barreto Apartment Building (1947)



Figura 3.37 Alejandro Aravena, Elemental, Quinta Monroy, Sold Pedro Prado, Iquique, Tarapacá, Chile (2003)



Figura 3.38 Studio KO, Marrakech, Museo Yves Saint Laurent (2017)



Figura 3.39 Studio KO, Marrakech, Museo Yves Saint Laurent (2017)



Figura 3.40 Luis Aldrete, Pilgrim Route Refuge, Jalisco Mexico (2010)



Figura 3.41 Luis Aldrete, Pilgrim Route Refuge, Jalisco Mexico (2010)

DESIGN DEL VERDE



Figura 3.42 Thomas Chung, Value Farm, Shenzhen Biennale di Hong Kong By-city di Urbanistica \ Architecture (2013)



Figura 3.43 Emilio Ambasz, Fukuoka Prefectural International Hall (1995)



Figura 3.44 Fenway Victory Community Gardens, Boston (2011)



Figura 3.45 Fenway Victory Community Gardens, Boston (2011)



Figura 3.46 New York urban community Farming, Cookfox Architects (2015)



Figura 3.47 New York urban community Farming, Cookfox Architects (2015)



Figura 3.48 Binder Gorenprojecten, ZUS, DakAkker, Rotterdam (2012)



Figura 3.49 New York urban community Farming, Cookfox Architects (2015)



Figura 3.50 Climbing plants, Mario Cucinella, Centro Direzionale Forum (2006)



Figura 3.52 BRT Architekten, Monaco di Baviera (2007)



Figura 3.53 BRT Architekten, Monaco di Baviera (2007)



Figura 3.51 Climbing plants, Mario Cucinella, Centro Direzionale Forum (2006)



Figura 3.54 MIA Design Studio, Naman Pure Spa, Da Nang in Vietnam (2015)



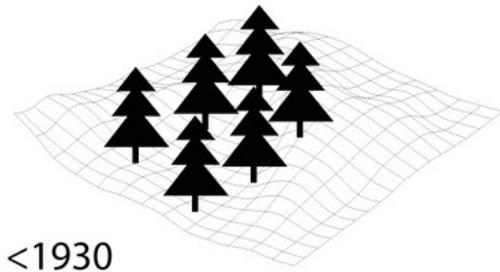
Figura 3.55 Climbing Plants, Pinterest



Figura 3.56 Project di Raderschallpartner, Ag Meilen

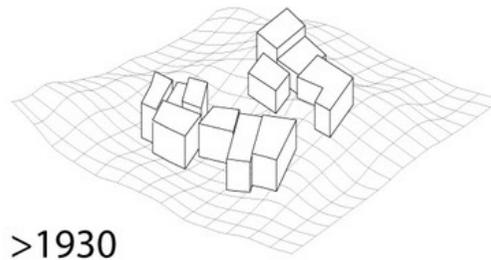


Figura 3.57 Soradofarm, Ekipara e JR East trains, JR Ebisu station in Tokyo (2012)



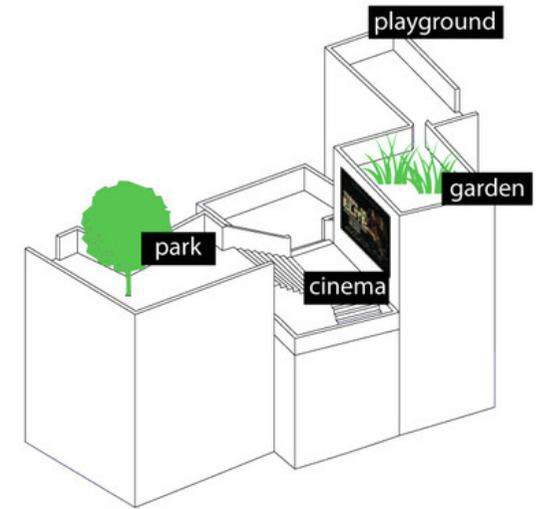
<1930

At the beginning of the 20th century, still the hillside terrain of Rio de Janeiro was covered by deep National forest park.

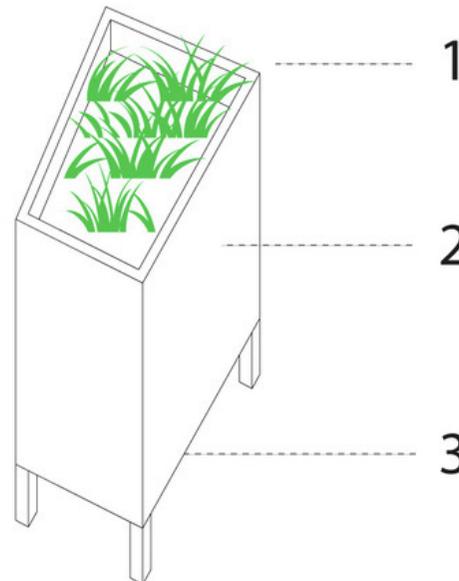


>1930

After the massive immigration from rural areas with a dream to get a better job in the city which had begun in the 30's of 20th century, the forest disappeared under the structure of new favela dwellers.



Axonometric view to the function scheme of the roof area. If the narrow ground streets will serve mostly for communication, the upper public space will be the zone for relaxing and freetime activities. The sunny weather will allow whole year season using.



1

Today's unused areas on the roofs will change to the relaxing public space. It can be used like a park, gardens for vegetable or fruit growers, playground for the school children and public or place for cultural events. These includes open air cinema, theatre or small space for music.

2

Second and third floor will serve for living. Disposition is changed so it is adapted to the contemporary standards including sufficient hygienic support.

3

Newly built ground floor will offer spaces for missing services for the community like basic medical facilities or education rooms. Also these areas will serve for a small local commerce, for example to sell homegrown natural products or animal breeding.



View..

Cristo

church

Figura 3.58 Tetto verde, Jan Kudlicka, Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, <http://www.archdaily.com/146314/regeneration-of-the-favela-de-rocinha-slum-jan-kudlicka>

DESIGN SPAZI MERCATO E CHURRASCO



Figura 3.59 Mercado di Testaccio, Marco Rietti, Roma (2012)



Figura 3.60 Mercado di Santa Caterina, EMBT Architects, Barcellona (2005)



Figura 3.61 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)



Figura 3.62 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)



Figura 3.63 Rotterdam Markthal, MVRDV, Rotterdam, Paesi Bassi (2014)



Figura 3.64 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)



Figura 3.65 Rojkind Arquitectos, Calle Querétaro 225, Mexico (2013)

DESIGN SPAZI APERTI E DI GIOCO

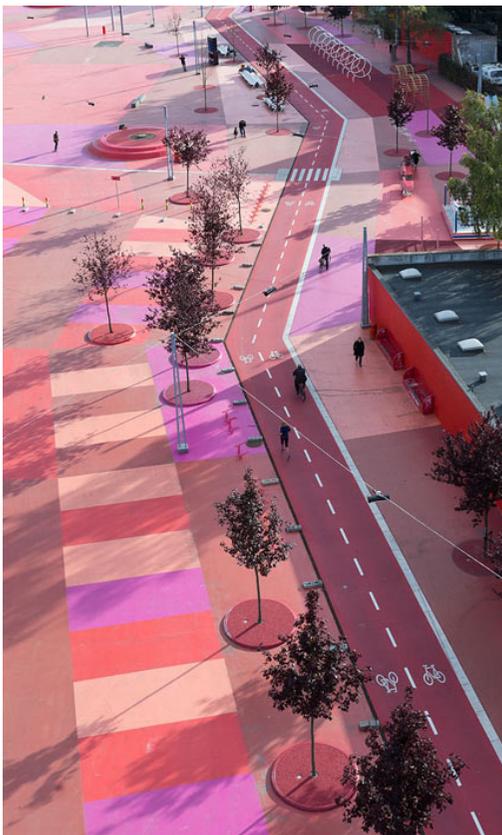


Figura 3.66 BIG and Topotek 1, Copenhagen, Denmark (2012)



Figura 3.67 BIG and Topotek 1, Copenhagen, Denmark (2012)



Figura 3.68 Area giochi, Pinterest



Figura 3.69 Parcobaleno, Associazione ViviamolaQ, L'Aquila (2013)



Figura 3.71 Parcobaleno, Associazione ViviamolaQ, L'Aquila (2013)



Figura 3.70 Area giochi, Pinterest



Figura 3.72 Park 'n' Play, JAJA Architects, Nordhavnen, 2150 Copenhagen, Denmark (2016)



Figura 3.73 Park 'n' Play, JAJA Architects, Nordhavnen, 2150 Copenhagen, Denmark (2016)

MATERIALI UTILIZZATI

Utilizzo dei mattoni

I tradizioni muri in mattoni sono gli elementi più utilizzati nella favela perchè sono facilmente reperibili, economici, durevoli e resistenti ai carichi.

Vengono ottenuti con processi naturali, ma devono la loro diffusione alla leggerezza, maneggevolezza, facilità di trasporto, semplicità di posa e versatilità che li rende adattabili a svariate esigenze di impiego.



Solaio in latero-cemento e travetti prefabbricati

Anche i solai in latero-cemento sono delle soluzioni costruttive tradizionali ampiamente usate in favela, essi sono formati da un'orditura composta da travetti che possono essere prefabbricati, composti da un traliccio metallico annegato in un fondello in laterizio o gettati in opera, l'armatura garantisce la resistenza alle spinte di trazione, tali opere sono avvicendate dalle pignatte in laterizio che vengono interposte tra i travetti ed hanno funzione di alleggerimento oltre a completare materialmente il solaio, conferiscono un buon isolamento grazie all'aria contenuta all'interno dei fori di ciascun elemento.

Superiormente, una volta alloggiate le pignatte, viene realizzato un getto di cls denominato caldana di riempimento che permette di solidarizzare il sistema pignatta-travetto.



Blocco in plastica riciclata tipo "Replast"

La start-up By-Fusion ha creato una macchina che permette di inserire i più comuni tipi di plastiche da rifiuto, derivanti dal consumo umano e trasformarle, mediante compressione, in blocchi squadrati con incastro maschio-femmina, sui quali, dopo aver fissato una rete metallica "chicken wire", è possibile procedere all'intonacatura.



Cobogo

Questa tipologia di muro, ottenuto dall'assemblamento di elementi, agisce principalmente da filtro per un migliore controllo dei guadagni solari e della ventilazione naturale, senza l'utilizzo di finestre.

Il sistema è utilizzabile preferibilmente con elementi in pietra o mattoni per assicurare la massima risposta per i climi molto caldi.



Muri realizzati con bottiglie di plastica

Il muro viene realizzato con bottiglie tappate, riempite con la sabbia, del peso di circa tre chili, le bottiglie sono impilate in strati e legate tra di loro da un'intricata rete di corde, fango e cemento completano l'opera e forniscono ulteriore sostegno, dalle pareti intonacate sporgono poi i tappi. Le bottiglie sono più stabili dei comuni blocchi di cemento rendendo il risultato non solo ecologico ma estremamente solido e durevole negli anni.



Riuso di pneumatici

Gli pneumatici abbandonati rappresentano una fonte di inquinamento e possono essere riutilizzati per formare dei muri di contenimento, riempiendone l'interno con della sabbia, oppure, se collocati sfalsati tra loro, possono essere riempiti con del terreno collocando della vegetazione al loro interno. Tali elementi si possono utilizzare per interventi di riqualificazione e decoro urbano a basso costo o trovare applicazione come muri per gli edifici, fornendo prestazioni di elevato risparmio energetico dovute alle caratteristiche coibenti della gomma.



Riuso di tubi innocenti e tavole in legno

Il riuso dei tubi innocenti da cantiere può riqualificare aree urbane degradate, il supporto strutturale è del tipo tubo-giunto (tubi innocenti verniciati di lunghezze modulari e morsetti di tipo ortometri e girevoli), un ordito ligneo, di sezione definita (30x60 mm) e lunghezza 1m, preassemblato e verniciato viene fissato saldamente alla struttura a mezzo di viti autoperforanti e staffatura di tipo omega. Il sistema viene ancorato al suolo tramite tubi innocenti verticali annegati nel cls contenuto all'interno di pneumatici che fanno da casseforme per lo stesso.



ESEMPI DI PROGETTI PER SLUMS ED INSEDIAMENTI INFORMALI

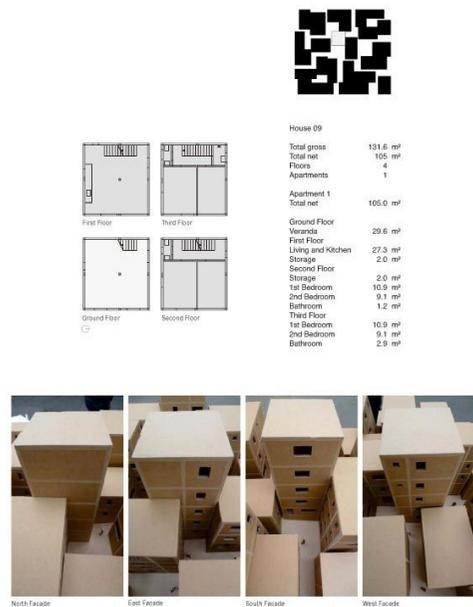


Figura 3.74 Christian Kerez, Porto Seguro Housing Project, São Paulo, Brasil (2013)

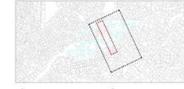


Figura 3.75 Christian Kerez, Porto Seguro Housing Project, São Paulo, Brasil (2013)

FASE 0_ESTADO PREVIO

CENTRO DE ROCINHA

Edificaciones que deben adquirirse para su posterior derribo



Zoom planta Sec. Axonométrica



Espacio público: 2230.31 m² 25% de la superficie

FASE 1_IMPLANTACIÓN

CENTRO DE ROCINHA

Edificio híbrido



Zoom planta Sec. Axonométrica



Espacio público: 3952.61 m² 40% de la superficie

FASE 2_GERMINACIÓN

CENTRO DE ROCINHA

Área de crecimiento

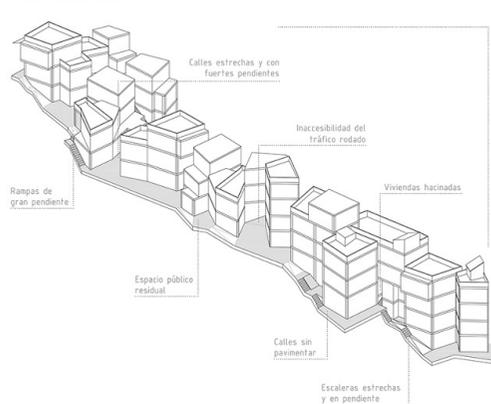


Zoom planta Sec. Axonométrica

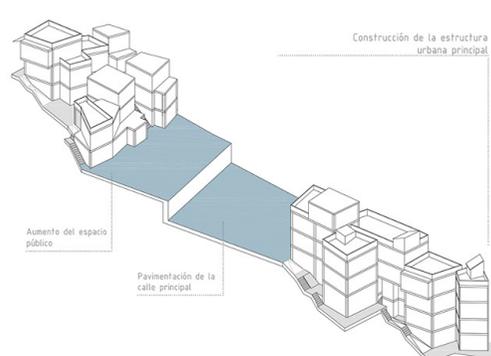


Espacio público: 4212.76 m² 48% de la superficie

FASE 0_ESTADO INICIAL



FASE 1_LIBERACIÓN DE SUELO



FASE 2_ROCINHA GERMINA

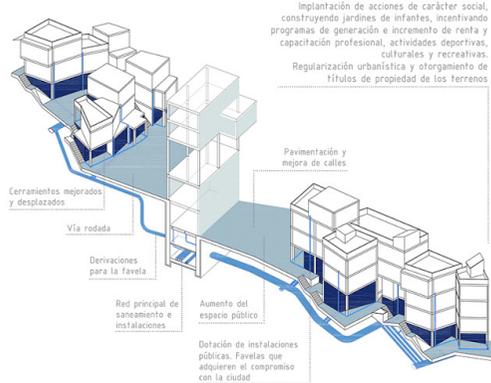


Figura 3.76 Irene Braojos Entrena, Hotel en la Favela Rocinha, Rio de Janeiro, Brasil

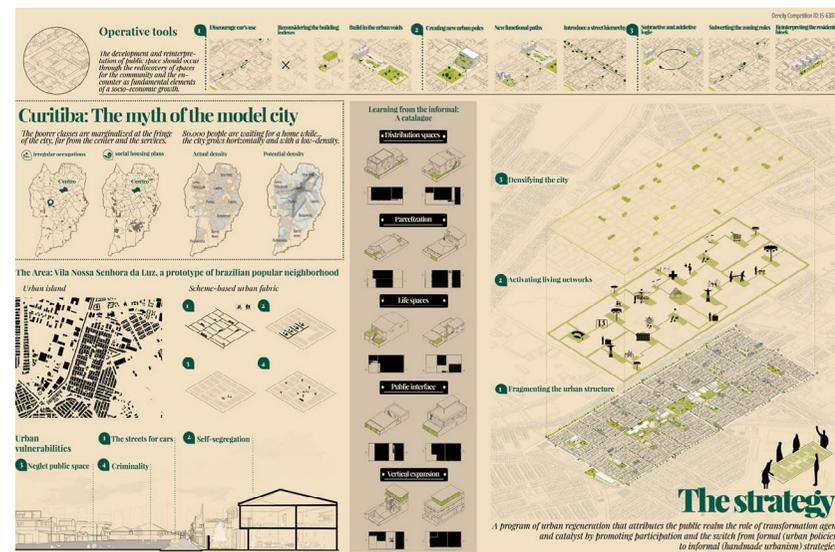


Figura 3.77 Un programma per la rigenerazione urbana di Curitiba, in Brasile, che attribuisce alla sfera pubblica il ruolo di agente e catalizzatore di trasformazione promuovendo la partecipazione e il passaggio da strategie formali (politiche urbane) a strategie informali (urbanismo artigianale). (Interessante: lo sviluppo e la reinterpretazione del pubblico: il motore del progetto è la riscoperta di spazi per la comunità e l'incontro come elementi fondamentali di una crescita socio-economica), Riccardo Maroso e Federica Natalia Rosati architetti (2015).



Figura 3.78 Progetto di passerella pedonale, Medellín, Colombia.

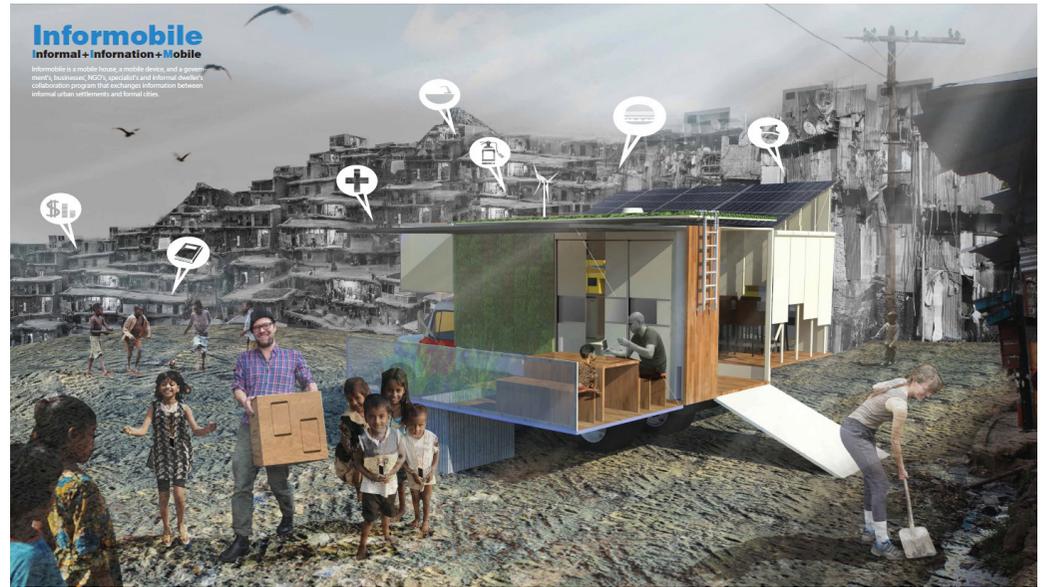


Figura 3.80 Informobile è una casa mobile che attraverso dei dispositivi in modalità offline e online costituisce un ponte tra la città formale e la città informale, popolazione e governo collaborano per lo scambio di informazioni riguardanti, trasporti, inquinamento e servizi, questo sistema prevede delle premialità per gli abitanti che forniscono le informazioni.

Feeding from the city, Istanbul
3 Local Strategies for Retrofitting in Derbent Slum Neighborhood

S1 - Urban Transformation: Today, Istanbul is under construction. It means that lots of usable materials such as windows, doors and other kinds of furniture are discarded everyday in the demolition process of the buildings. Following the fate of these materials, most of them cannot be used or recycled whatsoever. For this reason, urban transformation can positively feed the renovation of gecekondus settlements.

S2 - Ataturk Auto-Repair Industry Site: Being in a close proximity with Derbent neighborhood, this site contains many parts of cars that are discarded. Some of them, especially metal parts, can be recycled with a high energy consumption. Some parts such as tires, cracked glasses can not be used or recycled in any process. Soil filled tires could be an alternative for retaining wall, if needed.

S3 - Manufacturing Process of Detergent Industry: Today, we can see lots of detergent bottles in different shapes that are to impress customers. In this schema, the radical intervention on the manufacturing process affects the shape of product and it could be recycled as a wall brick. Bottle-Fit is the name of product that could be used as a brick for retrofitting. Its shape was designed so that it can be interlocked without being cohesive.

Composite Bottle-Fit Wall Gecekondus gets built by their own habitats. Inspired by the construction methods of the gecekondus, Composite Bottle-Fit Wall can be easily generated. It could be used only as a masonry wall system but we propose it to be used with a skeleton system, because Istanbul is in the earthquake zone.

What is Bottle-Fit? Detergent bottles are made of HDPE (High-density Polyethylene) that have high durability in nature. It can stand over 100°C and bear UV and air. Empty Bottle-Fit as a wall brick provides high quality insulation.



Figura 3.79 Local strategies for retrofitting in Derbent Slum Neighborhood, Istanbul, Turchia. (Interessante: Muro realizzato con bottiglie di detersivi in HDPE + muro drenante costituito da pneumatici all'interno dei quali sono alloggiate le piantumazioni).



Figura 3.81 Biblioteca Parque de Rocinha C4, Rocinha, Rio de Janeiro, Brasile (2012)

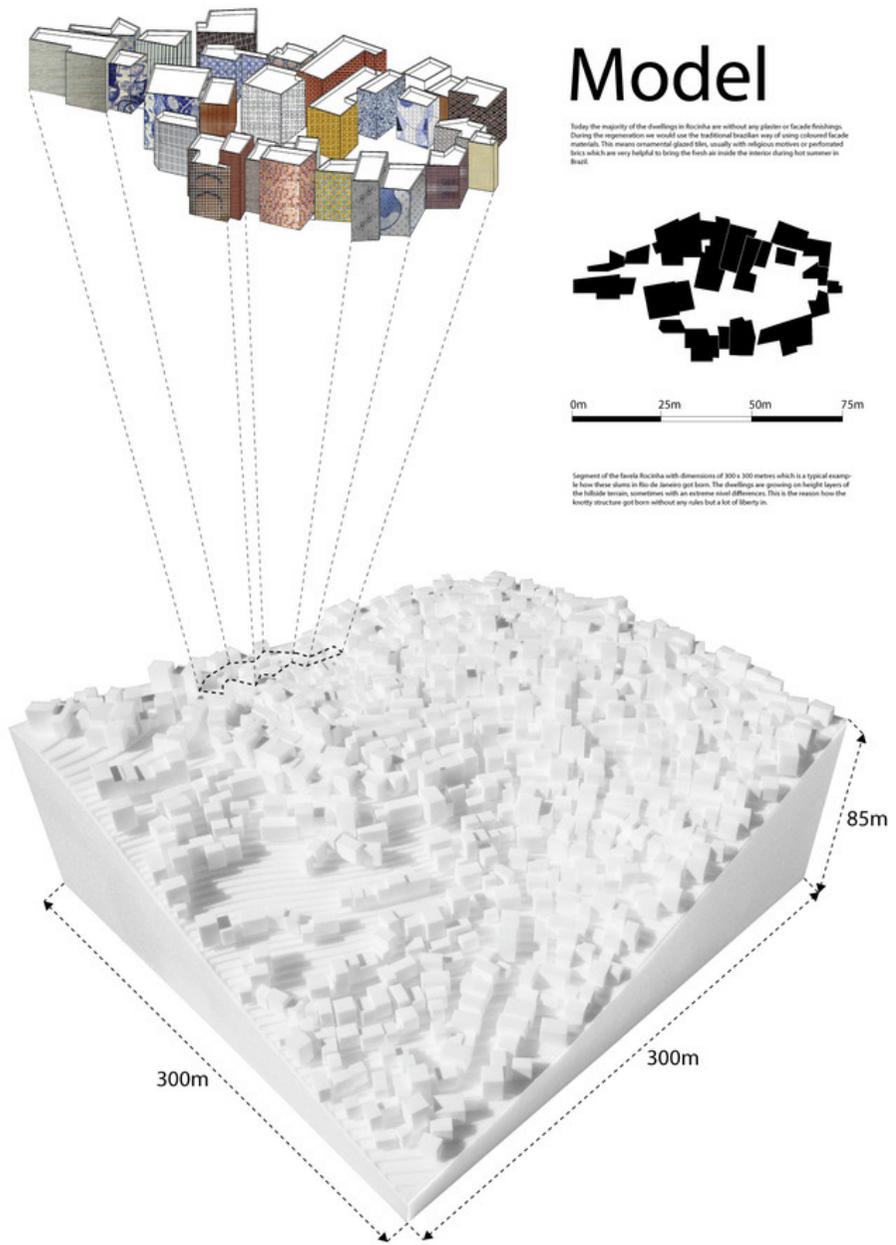


Figura 3.82 Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, Jan Kudlíčka

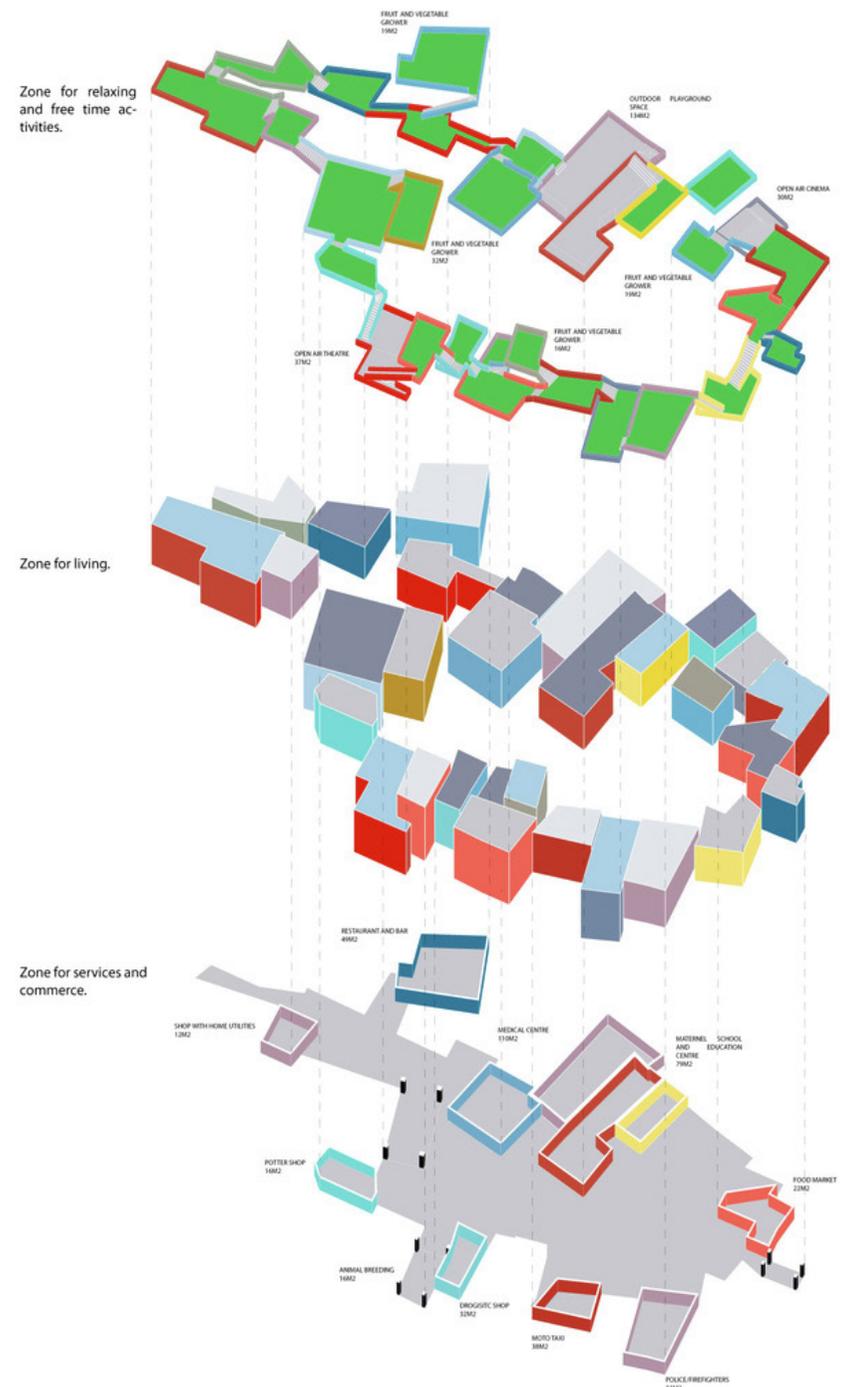


Figura 3.83 Regeneration of the Favela de Rocinha Slum, Jan Kudlíčka

MODERNISMO BRASILIANO



Figura 3.84 Casa de Vidro, Lina Bo Bardi, San Paolo, Brazil (1951)



Figura 3.87 Lucio Costa, Guinle Park residential buildings, Nova Cintra (1948)



Figura 3.85 Habitacional do Pedregulho, Alfonso Eduardo Reidy, Rio De Janeiro, Brasile (1947)



Figura 3.86 Edifício sede do Banco do estado da Guanabara, Henrique Mindlin e partners (1960)



Figura 3.88 Residência no Morumbi, Oswaldo Bratke, San Paolo, Brasile (1951)



Figura 3.89 Edifício Esther, Alvaro Vital Brazil, San Paolo, Brasile (1938)



Figura 3.91 Edifício do antigo Banco do Estado da Guanabara, Henrique Mindlin e partners (1965)



Figura 3.90 Edifício Trussardi, Rino Levi, San Paolo, Brasile (1943)



Figura 3.92 Casa Saldanha Werneck, Marcelo Roberto, Rio de Janeiro, Brasile (1917)



Figura 3.93 Garden-terrace del ministero della salute, Rio de Janeiro, Brasile Roberto Burle Marx

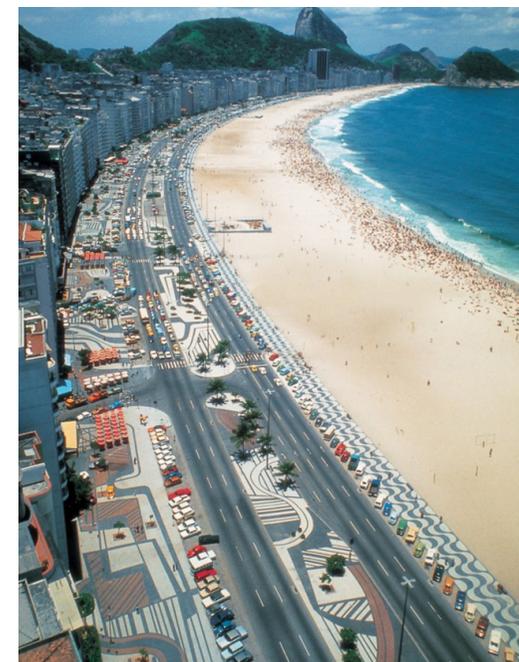


Figura 3.94 Pavimento spiaggia Copacabana, Roberto Burle Mark Rio de Janeiro, Brasile (1970)

L'ARCHITETTURA DELLA FAVELA



Figura 3.95 Vista dell'area di progetto parte inferiore con scuola elementare "Francisco de Paula Brito"



Figura 3.97 Vista panoramica di Rocinha da Gavea

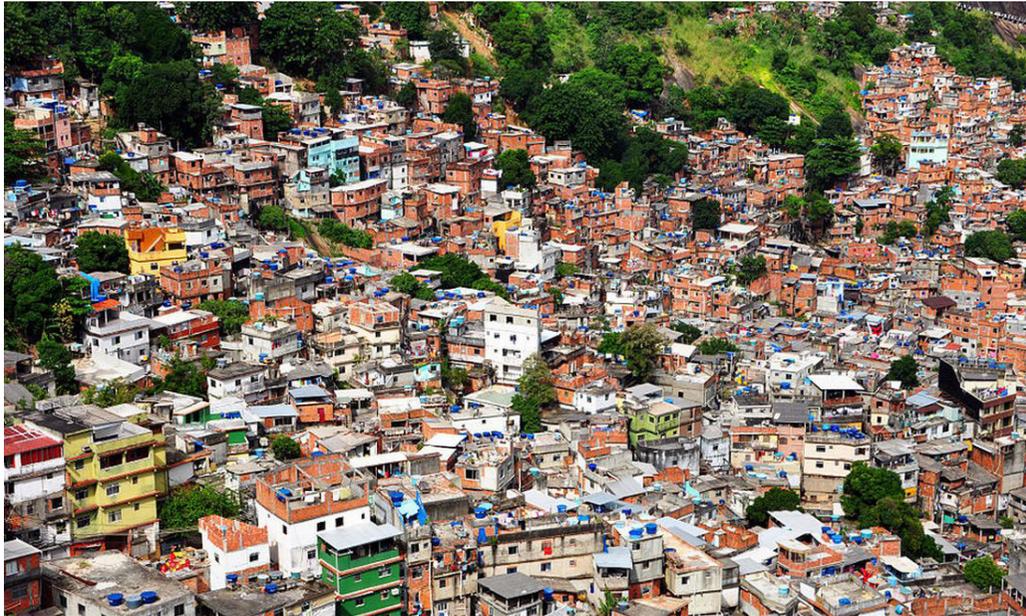


Figura 3.96 Vista aerea di Rocinha



Figura 3.98 Vista dall'alto della passerella pedonale d'ingresso alla favela (Oscar Niemeyer)



Figura 3.99 Vista rialzata con sfondo il Morro Dois Irmãos



Figura 3.101 Vista ad altezza uomo dall' incrocio tra Estrada da Gavea e Rua Nova (Social Housing)



Figura 3.100 Vista ad altezza uomo di Rocinha da Gavea



Figura 3.102 Vista ad altezza uomo di un canale a cielo aperto dove si riversano i rifiuti

3.7 Proposta finale

3.7.1 Layout definitivo

L'assenza di spazi aperti è risultata dirimente nel guidare le decisioni di progetto, considerato che la popolazione rivendica in modo deciso degli spazi protetti dedicati ai bambini, come un parco giochi o un campo sportivo, ciò è quanto emerso dal campione intervistato a Rocinha.

Le iniziative di progetto partono quindi dal soddisfacimento delle richieste manifestate, creando quindi degli spazi pubblici connessi opportunamente.

L'edificio 3, che si trova con affaccio su Estrada da Gavea è concepito su diversi livelli ed ospita i seguenti spazi coperti: uno spazio esterno per il churrasco, scendendo, al di sotto di esso troviamo uno spazio destinato al mercato di frutta, verdura e semi, con una zona esterna destinata a piante e fiori, di sotto troviamo la sede dell'associazione "il sorriso dei miei bimbi" con una zona esterna dedicata ai laboratori creativi per i bambini, al di sotto di essa abbiamo il laboratorio di cucina che comunica con uno spazio sottostante che ospita un infopoint.

L'edificio 1 ospita le nuove residenze destinate alle famiglie interessate dalle rimozioni.

L'edificio 2, che si trova al di sopra di Rua Dioneia, accanto alla scuola primaria "Francisco de Paula Brito", ospita una mensa al piano terreno e un centro di formazione al primo livello. Il complesso è collegato con una connessione continua operata da un sistema di scale. Infine la copertura dell'edificio 2 è concepita come uno spazio pubblico dotato di un orto urbano, esso è connesso in quota con Rua Samaritana tramite una passerella che regala una magnifica vista di Rocinha.

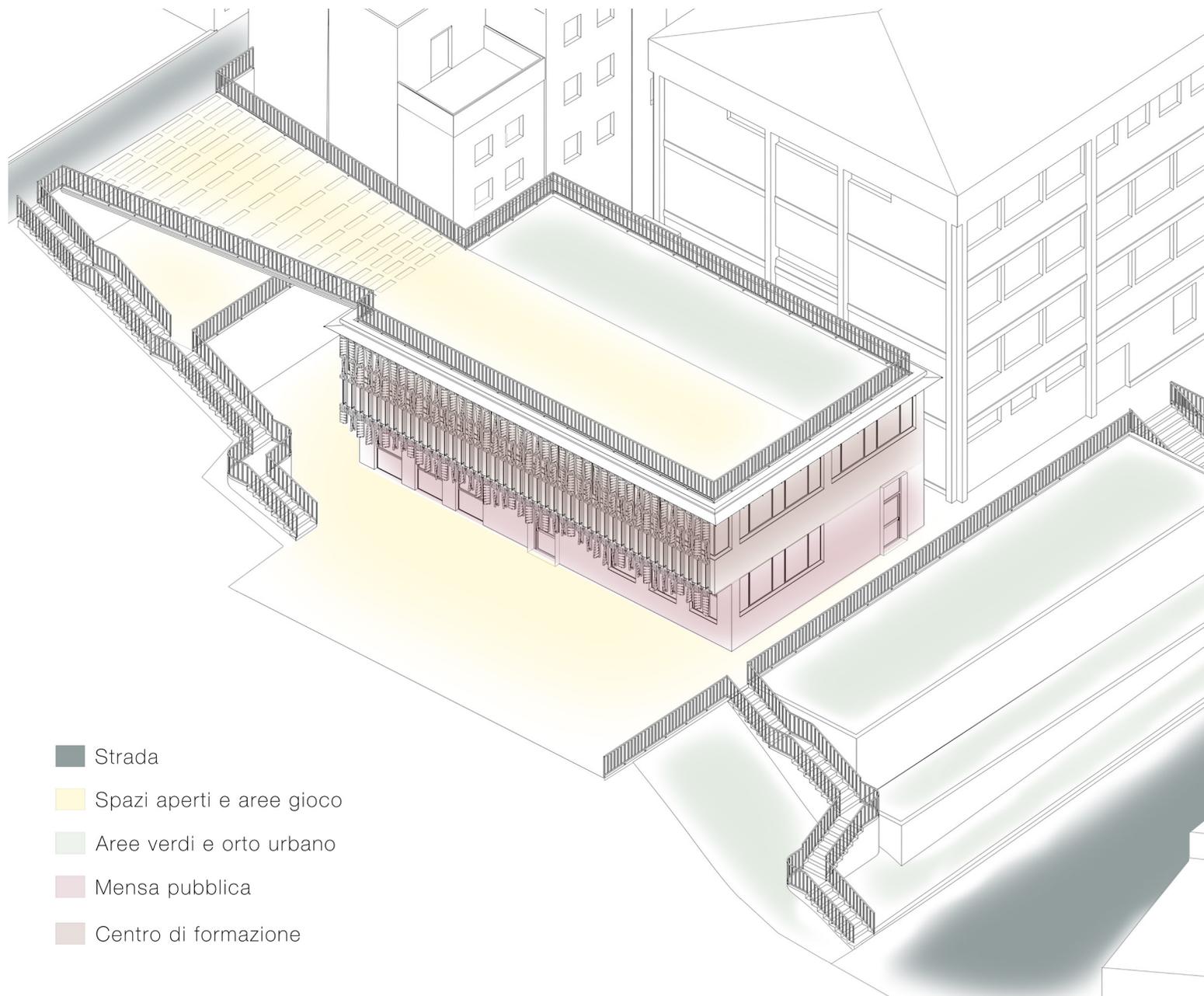


Figura 3.103 Layout funzionale edificio 2

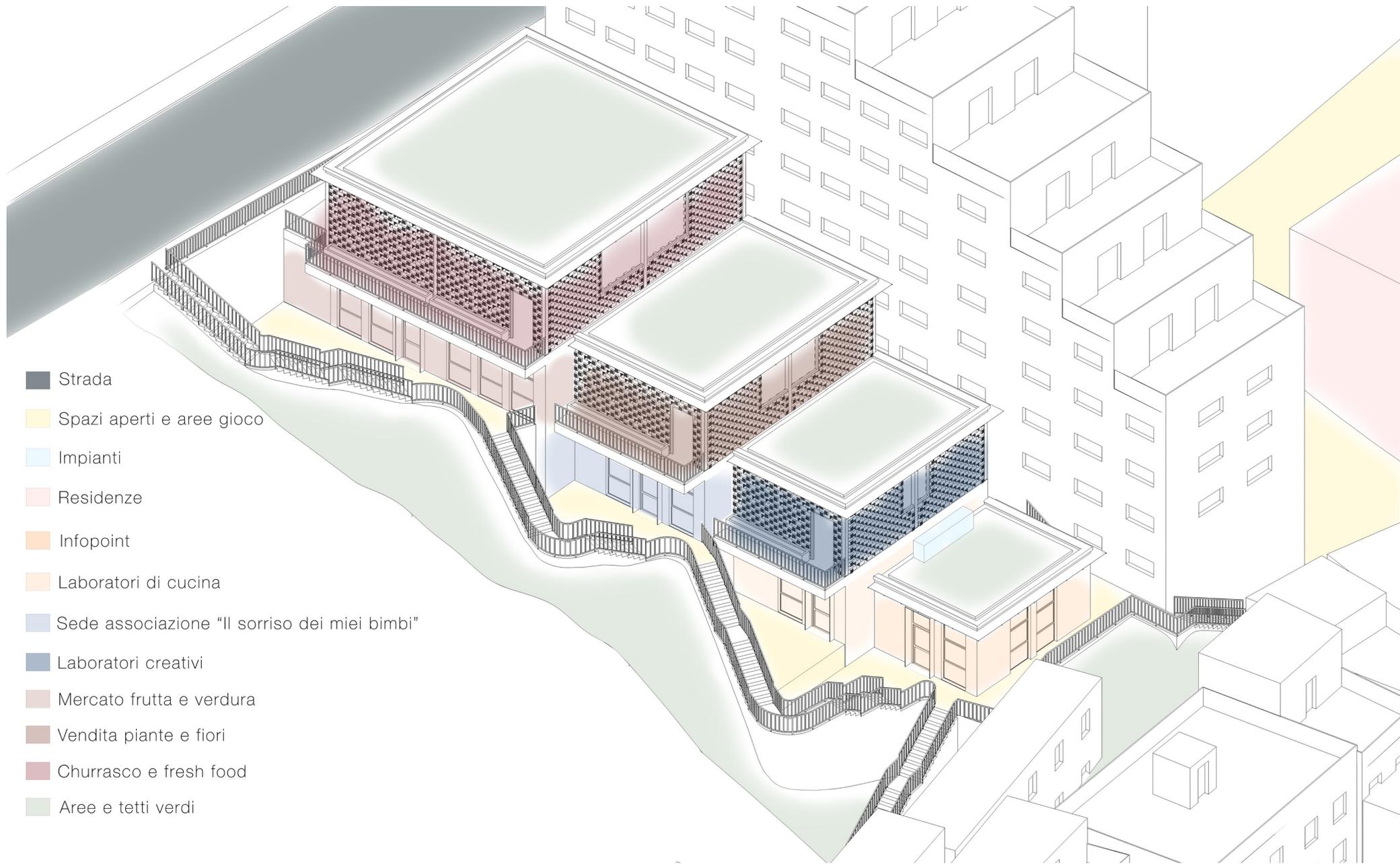


Figura 3.104 Layout funzionale edificio 3

3.7.2 Accessibilità e circolazione ai vari livelli

Vista la complessità del sito di progetto la circolazione interna non può essere considerata solo sul piano, ma necessita un'analisi tridimensionale operando una fusione tra la circolazione verticale e orizzontale.

Il sistema di collegamento spaziale, costituito essenzialmente dalla scala che degrada verso il basso, è stato pensato per assicurare un'esperienza dinamica e fluida attraversando i vari livelli ed invitando la comunità alla prossimità e fruizione dei vari spazi di progetto valorizzandoli.

L'accesso principale si ha da Estrada da Gavea, utilizzando il sistema di scale collocato in posizione laterale, da qui inizia il percorso progettuale che nel suo svolgersi, incontra ogni singolo spazio, che rappresenta la maglia di una trama continua. Il sistema di scale, che si avvolge chiudendosi a fisarmonica via via che ci si addentra all'interno dell'area, svela alla comunità, ciascuna funzione, componendo un'esperienza totale, durante la quale si può fruire degli ampi spazi aperti di aggregazione e del verde rigoglioso che fiancheggiano questa promenade.

Per incrementare l'accessibilità all'area dall'esterno, al sistema di scale di cui si è precedentemente detto, si unisce una passerella pedonale che collega direttamente in quota Rua Samaritana, collocata in posizione intermedia, con la copertura dell'edificio 2, creando un'unico ampio spazio di aggregazione, adatto a diversi usi per la comunità, quali sport all'aperto, eventi, corsi di agricoltura e sana alimentazione a diretto contatto con l'orto urbano ivi collocato.

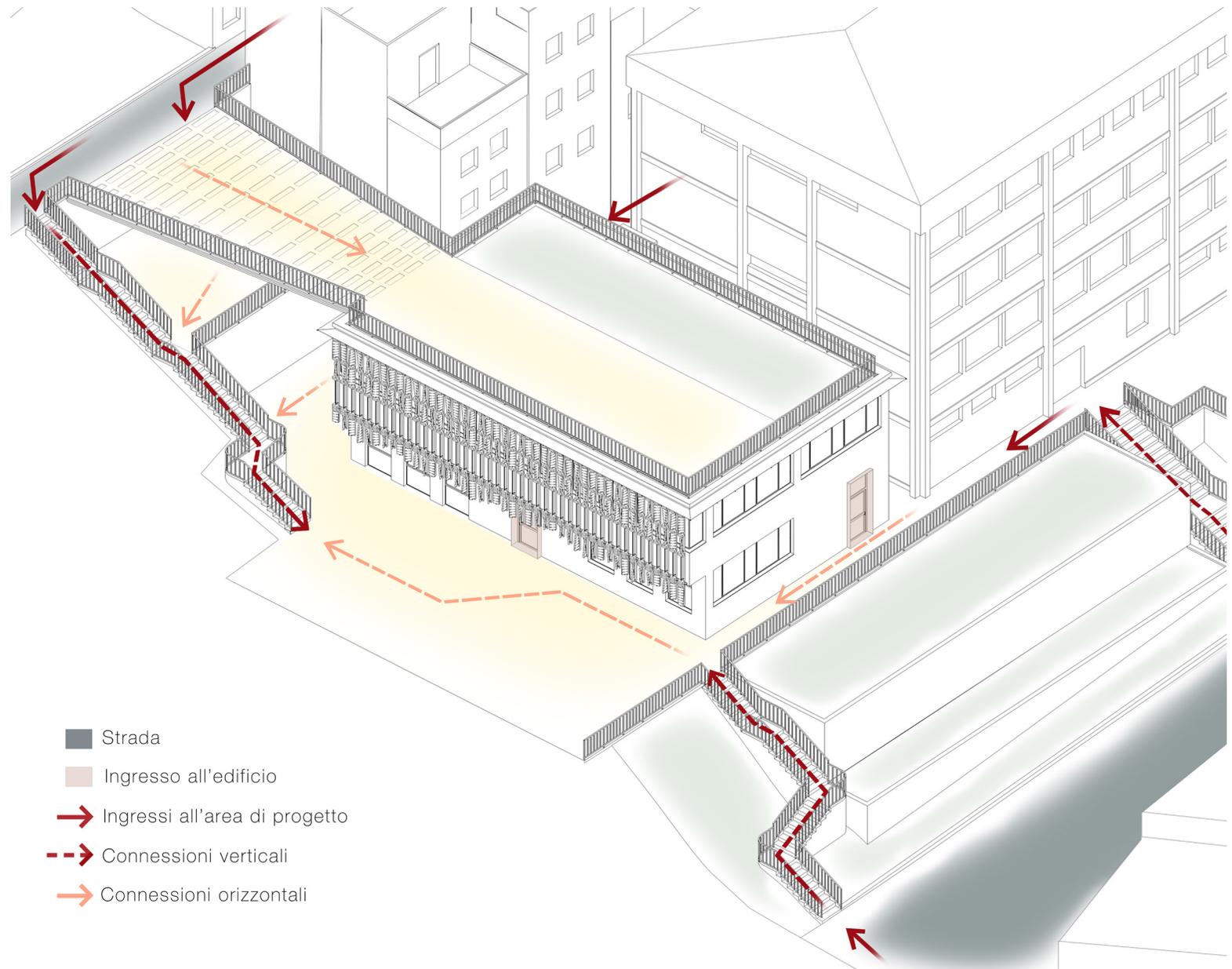


Figura 3.105 Circolazione parte 1 edificio 2

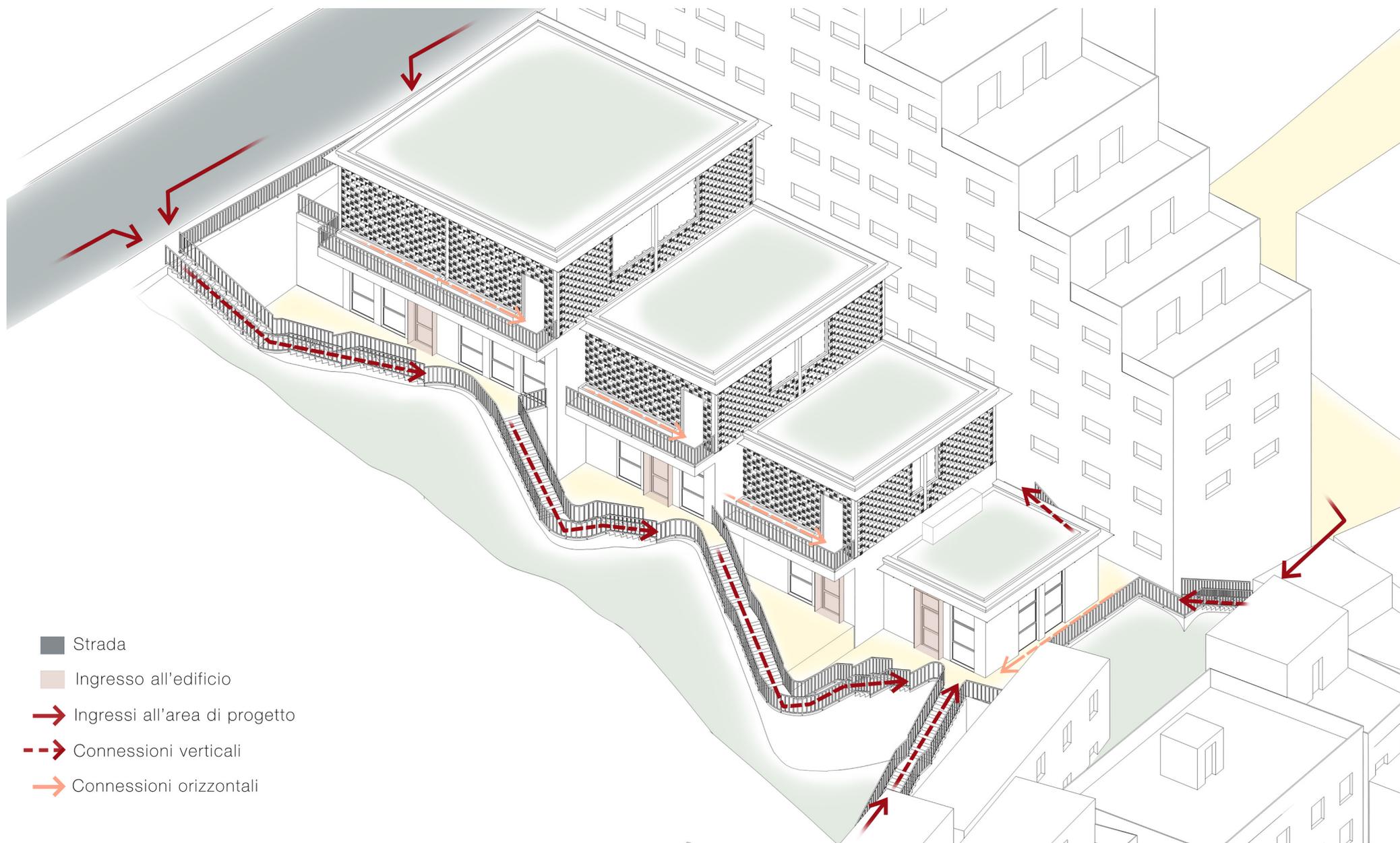


Figura 3.106 Circolazione parte 1 edificio 3

EDUCAZIONE E CULTURA PER CRESCERE

L'educazione, la cultura e il rispetto per natura e ambiente sono i pilastri fondamentali del progetto, che recepisce questi valori trasferendoli alla comunità, in tal modo si accresce l'impegno sociale dell'opera.

ORTO URBANO E VERDE COMUNE

La realizzazione di ampie aree verdi intese come parchi con grandi alberi, nei quali potersi inebriare delle immense bellezze della natura, viene avvicinata dalla presenza dell'orto urbano collocato in copertura dell'edificio 2, esso ha una funzione eminentemente educativa, secondariamente produttiva oltre che naturalistica, avvicinando la comunità alla riscoperta della genuinità sostenibile dei cibi a km 0, che vengono coltivati a Rocinha per il consumo dei propri abitanti.

PROGETTAZIONE PARTECIPATA

Uno degli aspetti che l'intervento considera di prioritaria importanza è rappresentato dalla partecipazione della comunità alla costruzione dell'opera, tale iniziativa permette di ridurre la fragilità che il nuovo complesso ha, agli occhi della comunità, permettendo alla popolazione di Rocinha di istituire fin da subito legami e senso di appartenenza con la nuova costruzione.

NUOVA VITA PER I RIFIUTI DELLA FAVELA

Quest'iniziativa ecologica, sostenibile e futuribile per Rocinha, prevede la costruzione di dispositivi per il relax e il tempo libero, recuperando i rifiuti prelevabili in loco, da reimpiegare per la rigenerazione dei nuovi spazi urbani, ciò decongestiona la rete fognaria.

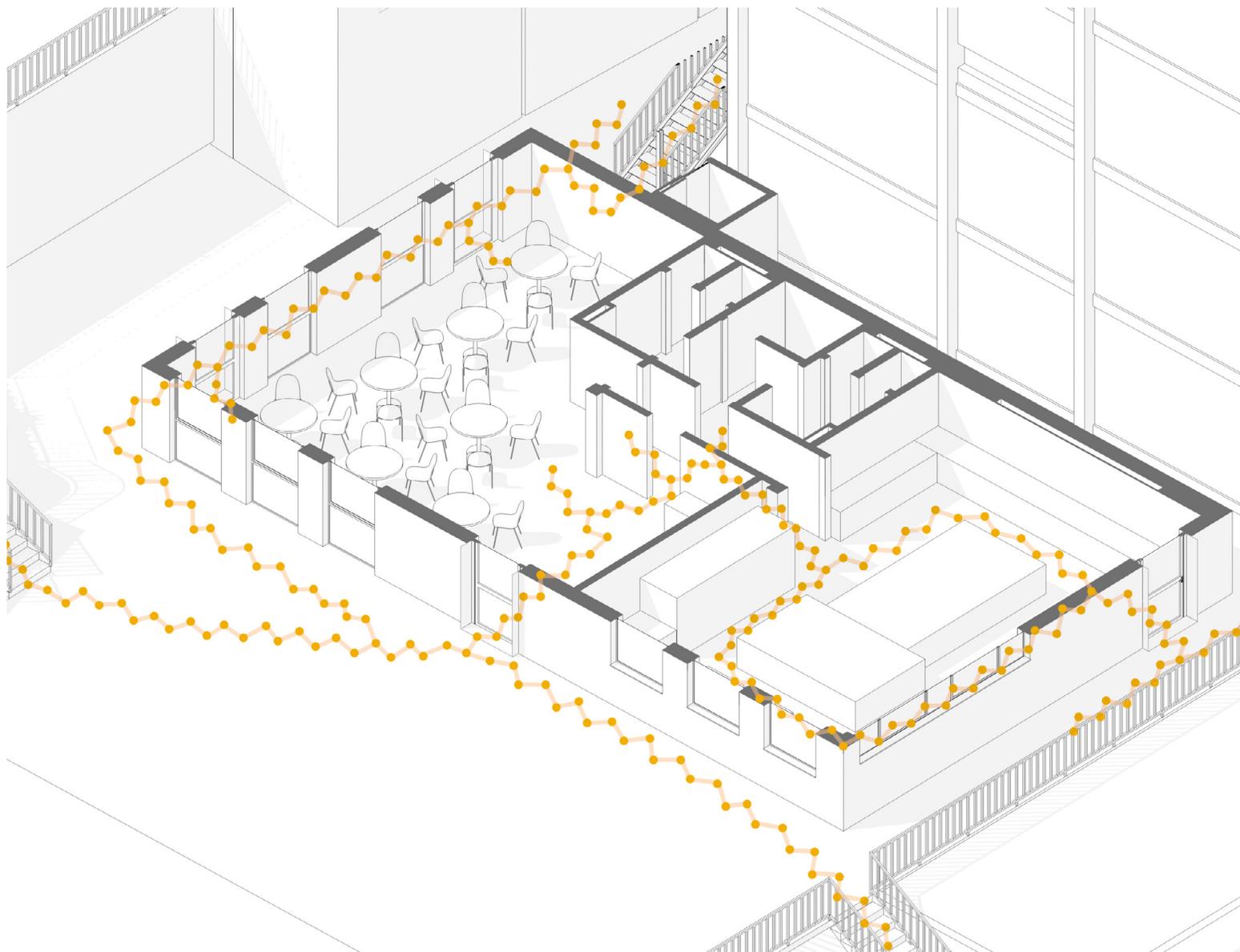


Figura 3.107 Circolazione percorsi edificio 2 mensa

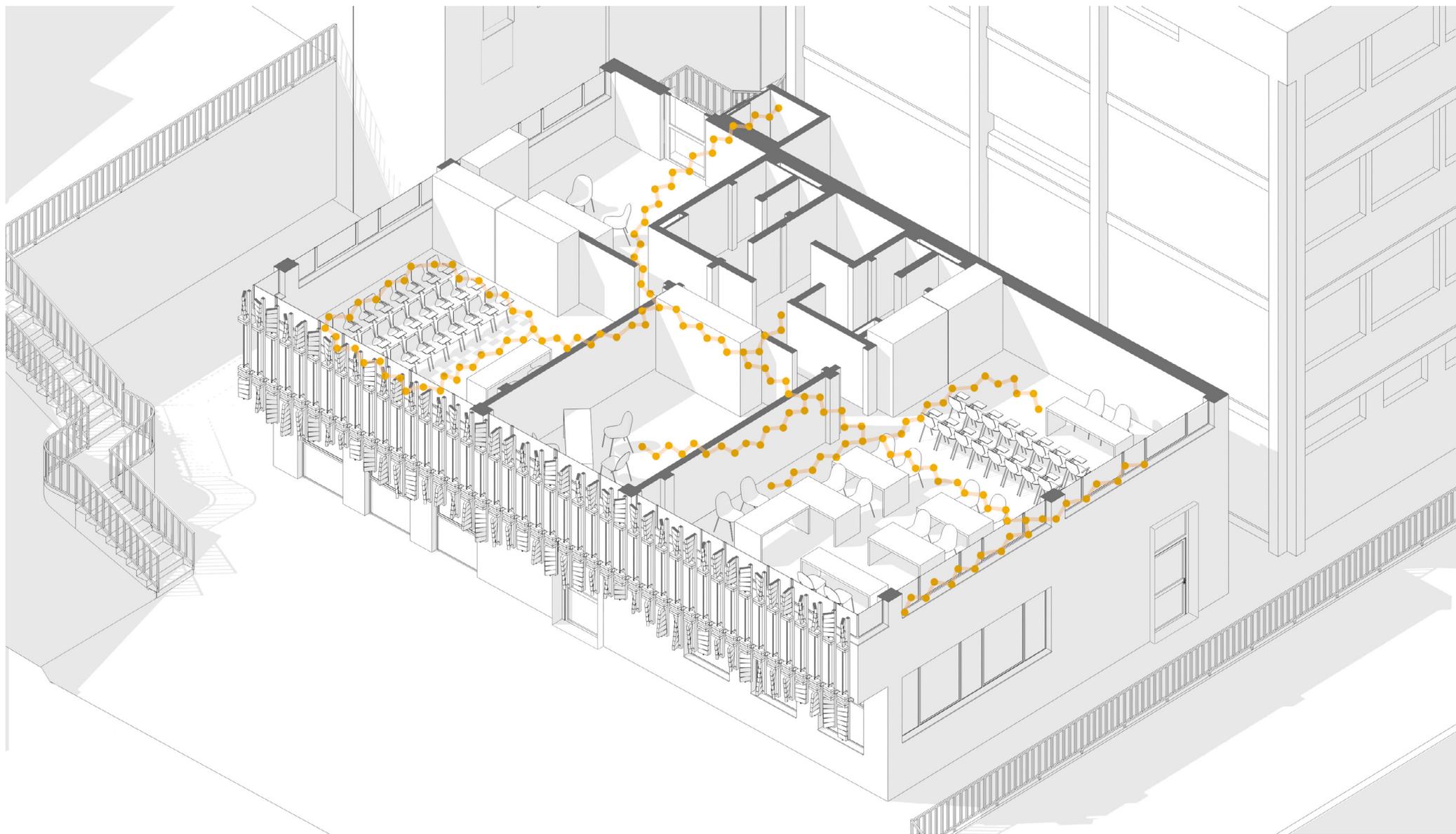


Figura 3.108 Circolazione percorsi edificio 2 centro di formazione

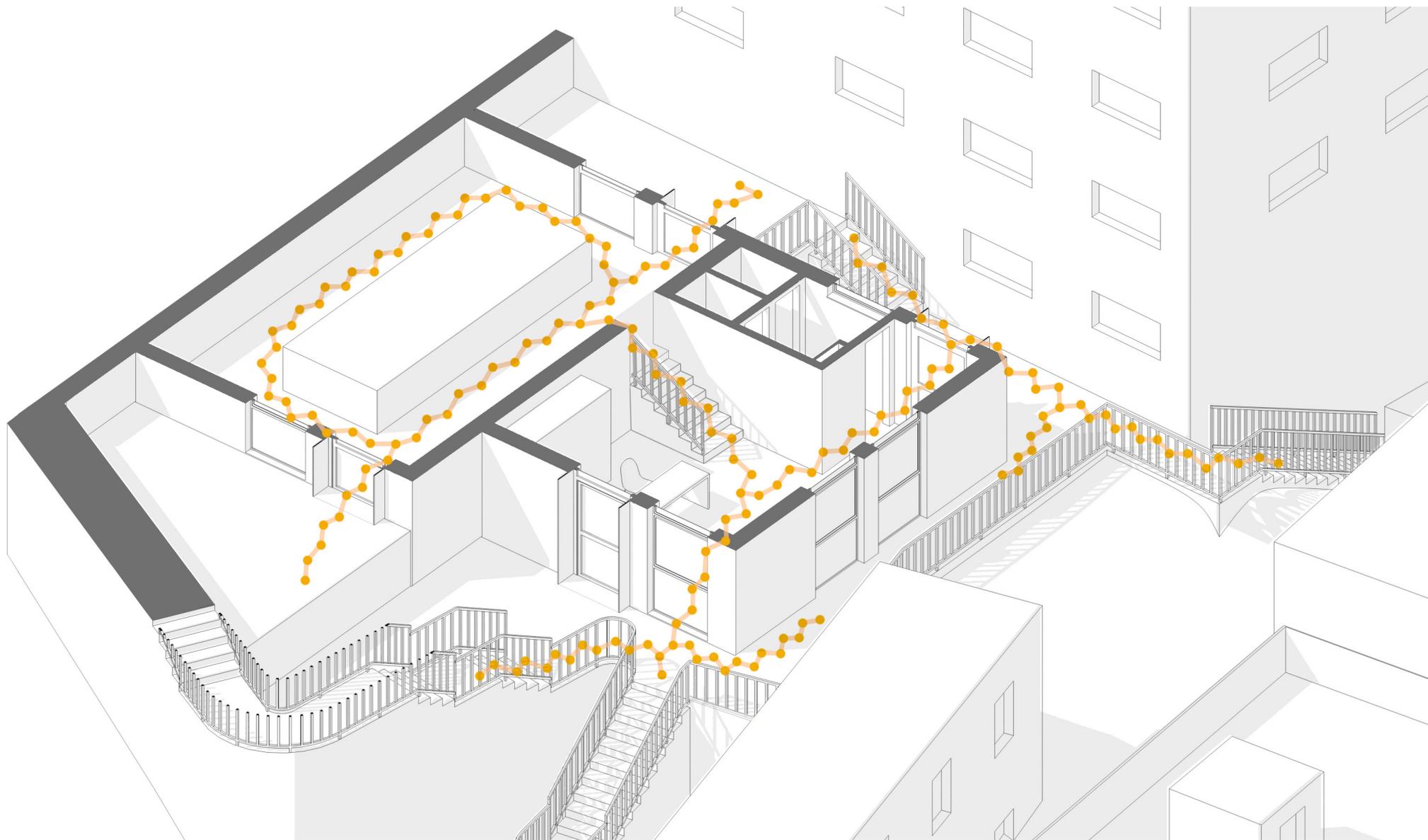


Figura 3.109 Circolazione percorsi edificio 3 infopoint - laboratori di cucina

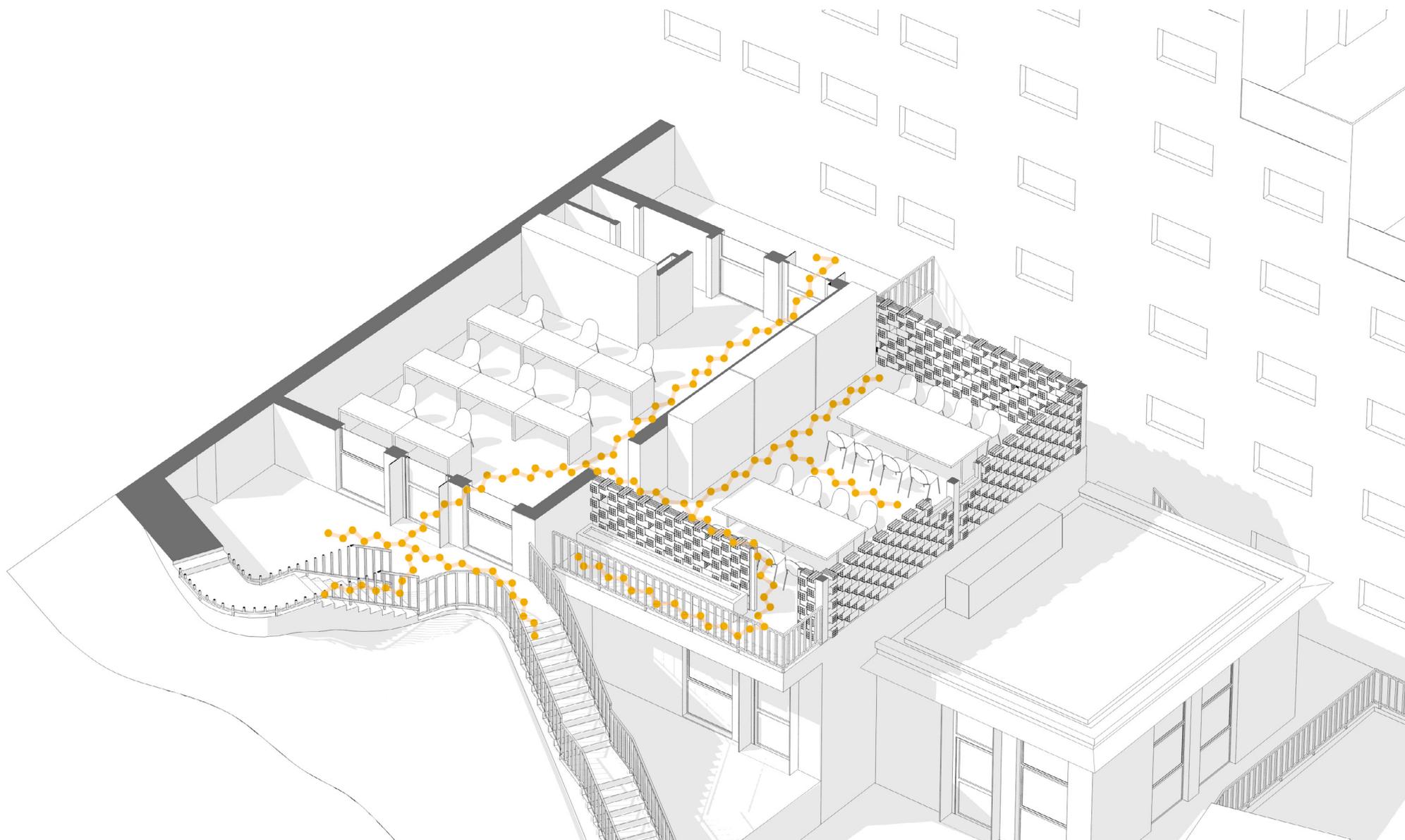


Figura 3.110 Circolazione percorsi edificio 2 associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi

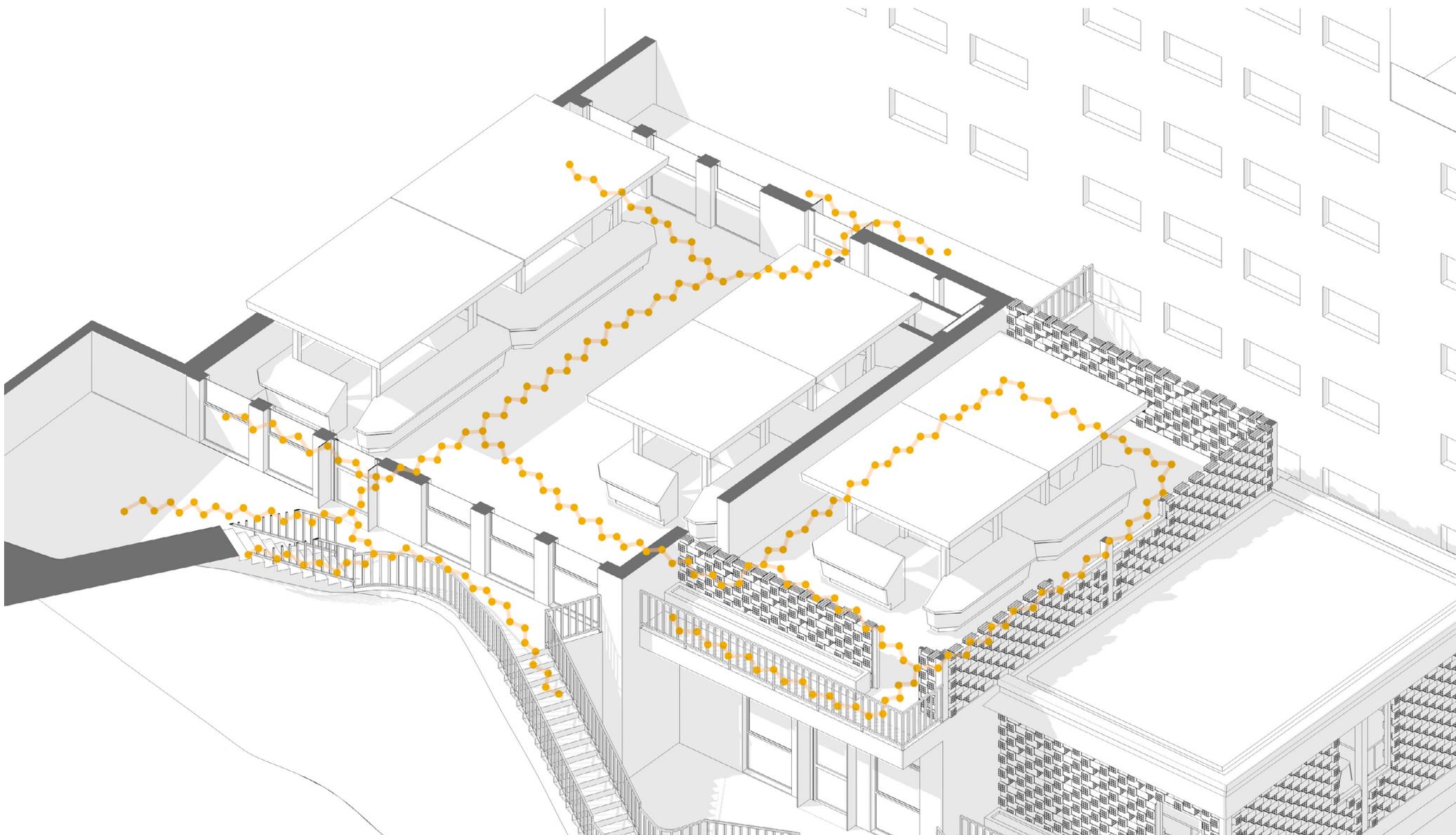


Figura 3.111 Circolazione percorsi edificio 3 mercato frutta, verdura e semi - mercato fiori e piante

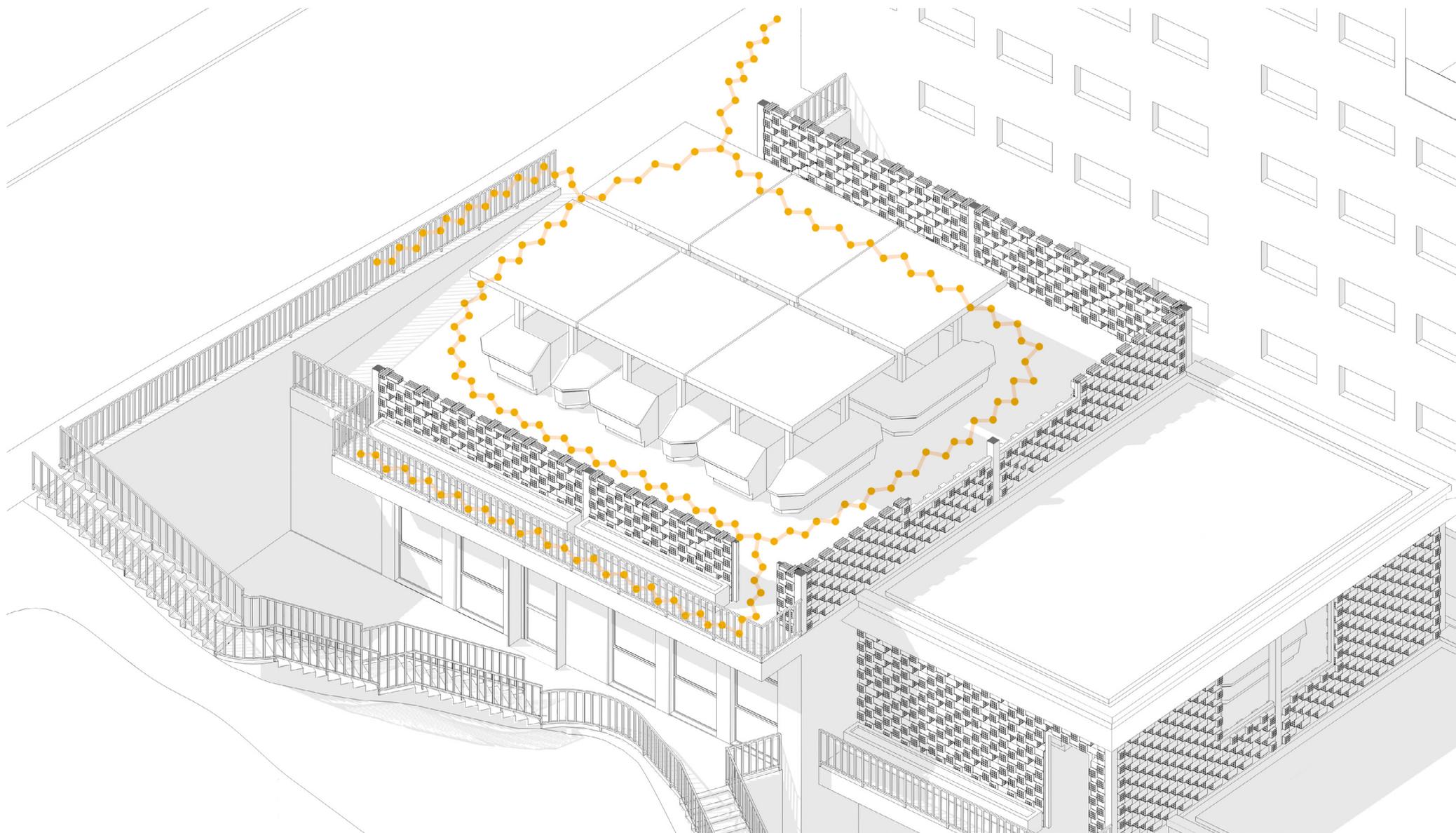


Figura 3.112 Circolazione percorsi edificio 2 Churrasco

3.7.3 Design del progetto, influenze architettoniche e sostenibilità

Il processo di progettazione che ha guidato il lavoro ha avuto fin dall'inizio come motivo guida il rispetto dell'ambiente circostante esistente, che ha dettato gli assi e le proporzioni di progetto, il risultato finale è un'integrazione e armonizzazione delle esigenze progettuali con l'ambiente.

Dal punto di vista architettonico le influenze chiaramente visibili e riconoscibili nel design sono tre: influenza dell'architettura che la favela oggi possiede, influenza dell'architettura modernista brasiliana, influenza dei concetti di sostenibilità, cibo, energia, resilienza, partecipazione della comunità al progetto. Il primo e il secondo aspetto influenzano direttamente le caratteristiche formali dell'opera ed i materiali utilizzati, mentre l'ultimo aspetto incide sulla definizione spaziale, funzionale e tecnica.

L'edificio è adattivo, semplice e tradizionale e segue la pendenza del terreno secondo il suo sviluppo minimizzando gli spostamenti di terreno e riducendo i costi di costruzione.

La definizione degli spazi interni è fluida e semplice e si sviluppa con naturalezza, così come si sviluppa spontaneamente la favela, rispondendo nel modo più semplice ai bisogni dei suoi abitanti. Riferendosi invece al modernismo brasiliano emerge un rigore ed una profonda cultura che sembrano distanziarsi dalla personalità che la favela esprime, malgrado ciò, le mescolanze di queste visioni, arricchiscono il risultato finale conferendogli dignità e adeguatezza, con la possibilità di essere riconosciuto sia dalla comunità che dalla società brasiliana all'esterno,

della favela ed abbattendo i pregiudizi e la segregazione che gli abitanti della favela subiscono oggi.

“L'architettura vernacolare delle favela è, essenzialmente, un'alternativa alle più correnti pratiche spaziali. Le sue regole interne e i suoi codici culturali, direttamente prodotti da condizioni reali, sono il contraltare del procedimento dall'alto verso il basso con il quale viene ufficialmente organizzato lo spazio della città.

Realizzati con un pragmatismo assoluto nella scelta dei materiali e nelle economie costruttive, gli spazi degli insediamenti informali hanno in sé molto più di quanto esprima la generica categorizzazione di “caos e irrazionalità” alla quale troppo spesso, ed erroneamente, sono ascritti.

La varietà densa e molteplice degli spazi semipubblici e privati rivela poi un tessuto secondario di vuoti a piccola scala entro cui si svolgono la vita di relazione delle famiglie e le attività quotidiane dei singoli abitanti: corti ben proporzionate, piccoli giardini e grandi tetti-terrazzo. Composte da un groviglio inimmaginabile di spazi, generati dalle infinite negoziazioni che derivano dall'assetto di ogni singolo edificio, le favelas cambiano continuamente, rimettendo in campo ipotesi e ibridando le loro tipologie in combinazioni sempre più complesse in base alle necessità mutevoli delle famiglie e, in generale, della comunità. Da questo risulta un organismo urbano dinamico, con una definizione spaziale fluida, più adattabile di quella che risulterebbe da un processo di pianificazione formale.

Gli edifici della favela si sviluppano dove possibile, iniziano in orizzontale fino alla completa saturazione dello spazio disponibile proseguendo l'espansione in verticale, un piano dopo l'altro. E' un cambiamento continuo in cui tanti elementi semplici si combinano formando un'elevata complessità che alterna spazi trascurati con cortili o interni molto curati.

I bassifondi si popolano a causa di esigenze abitative sempre più stringenti diventando molto più interessanti dei centri cittadini, specialmente lungo le strade principali. Gli edifici qui sono organizzati con un sem-interrato commerciale e residenziale sopra, mentre alcune altre unità mancano completamente di funzione commerciale. La proposta intende rompere questo approccio lineare de-strutturando queste relazioni e trasferendole su più livelli, su connessioni multipiano e multi-piano e multi-edificio come accade negli spazi modernisti. Queste soluzioni vengono mantenute semplici e flessibili perché concepite come mutevoli negli usi, con la velocità stessa predisposizione al cambiamento spontaneo che è propria della favela”.¹

Esternamente l'uso ripetitivo degli stessi materiali rende l'effetto complessivo della favela omogeneo e piacevole, materiali semplici e tattili come il cemento, l'intonaco grezzo, i mattoni forati a vista a comporre il cobogò ed i percorsi sopraelevati, rappresentano una similitudine di linguaggio con l'architettura modernista per la quale la struttura portante rappresenta l'architettura stessa.

¹ <http://www.abitare.it/it/habitat/urban-design/2012/07/06/learning-from-favelas>.

Per i modernisti brasiliani le geometrie sono pure e semplici, con linee dritte o sinuose, esse definiscono degli spazi in cui la circolazione è spontanea e fluida, ciò rappresenta un ulteriore punto di contatto tra queste due realtà così diverse.

Nel design del nuovo intervento, a questi flussi viene concessa libertà ma con alcune regolamentazioni che permettono di orientarli in una certa direzione al fine di affrontare e risolvere alcune problematiche tra cui: educazione, sostenibilità, indipendenza alimentare ed energetica. Questi temi vengono affrontati attraverso l'uso di specifiche funzioni, dotazioni e metodologie costruttive che hanno l'obiettivo di mostrare alla popolazione una prospettiva diversa rispetto a quella attuale. All'ingresso da Estrada da Gavea, si può decidere di entrare all'interno dell'edificio 3 a livello della strada e fruire dello spazio più pubblico ed aperto alla città, dove si possono trovare gli stand per la preparazione e vendita dei cibi tipici brasiliani tra cui il famoso churrasco, oppure si può decidere di percorrere la scala, fiancheggiata da alberi suggestivi, essa scende e conduce agli spazi dedicati al mercato, che mette a disposizione frutta e verdura fresca per la comunità, assieme al mercato domenicale già presente a Rocinha.

Si può continuare a scendere percorrendo la scala per arrivare ad altre funzioni pensate per la comunità, tra esse abbiamo la sede dell'associazione “Il sorriso dei miei bimbi” con i suoi laboratori creativi e, poco più in basso, il laboratorio di cucina, tali spazi sono concepiti come spazi protetti semipubblici.

L'edificio 3 ai vari livelli presenta dei terrazzi, attraverso i quali è possibile uscire all'esterno tramite dei varchi aperti sui muri degli spazi non riscaldati, questo abbatte il limite formale interno-esterno dell'edificio e contribuisce a favorire la fluidità della circolazione interna precedentemente descritta.

Superando questa zona, in prossimità dell'infopoint, la vista si apre a diverse possibili direzioni da prendere: si può tagliare in orizzontale l'area e raggiungere l'edificio 1 che ospita le nuove residenze, direttamente collegate al nuovo complesso, oppure decidere di proseguire nel percorso di discesa, attraversare in breccia l'edificio esistente e sconfinare nella parte inferiore che si trova subito al di sopra di Rua Samaritana. Proseguendo verso il basso, si può scegliere di continuare il percorso della scala, che conduce agli spazi coperti dedicati ai bambini e allo sport all'aperto arrivando fino all'edificio 2 che ospita la mensa e il centro di formazione, oppure imboccare la passerella pedonale in quota e raggiungere direttamente la copertura dello stesso edificio godendo delle bellezze panoramiche della favela e del verde rigoglioso dell'orto urbano ivi collocato.

Il progetto che riguarda l'orto urbano aderisce all'iniziativa di bonifica ambientale che opera principalmente nelle favelas di Rio de Janeiro chiamata "Green my Favela", la GMF è nata per bonificare la terra degradata e creare spazi verdi produttivi. La GMF lavora con i residenti di favela istaurando delle collaborazioni con individui, famiglie, ONG, scuole e il governo. L'organizzazione collabora con il settore pubblico e privato, gli accademici e

innovatori sociali per rendere più produttivo, ecologicamente responsabile e desiderabile lo spazio pubblico; e condividere le competenze con una vasta gamma di partecipanti. Gli obiettivi del progetto comprendono l'aumento della biodiversità, l'orgoglio per la comunità, l'innalzamento dei livelli di servizi igienici, la riduzione di rifiuti e inquinamento, l'accesso a cibi freschi e nutrizionali e la creazione di spazi pubblici sicuri e desiderabili.

Sociale

Questo progetto mira ad integrare la politica pubblica in modi che incoraggino il localismo in rete, promuovano le relazioni con la comunità e mostrino i benefici dell'agricoltura urbana organica. Si sforza di fornire una piattaforma progressiva di collaborazione a più livelli, proprietà collettiva e autogestione.

I miglioramenti dello spazio fisico forniscono un ambiente terapeutico che aiuta a ridurre lo stress. Forniscono centri per la produzione locale di cibo e altre piante utili che forniscono anche opportunità per sviluppare abilità agricole, fornire formazione di leadership, promuovere scambi di conoscenze e esperienze sociali positive. Offrono anche attività professionali per i partecipanti intergenerazionali - gli anziani e altri (ad esempio, quelli in riabilitazione dalla droga), e in particolare i giovani bisognosi di riscatto sociale.

I giardini scoraggiano anche l'abuso della terra, forniscono una piattaforma per impegnarsi con l'educazione ambientale e nutrizionale attraverso la scuola e le singole attività parte

cipative per bambini e adulti. I giardini rafforzano le relazioni interpersonali e comunitarie e creano una cultura di orgogliosi agricoltori. La generazione di conoscenza sulla produzione e il consumo di prodotti, una maggiore conoscenza dell'ambiente naturale (e minacce e rischi), l'esperienza pratica nelle tecniche di coltivazione, la consapevolezza e la tutela dell'ambiente, sono altri benefici.

Culturale

I giardini offrono un notevole miglioramento estetico a queste aree urbane caratterizzate da diffusa povertà riducendo inquinamento e rischio, poiché sono co-prodotti con i residenti, fin dall'inizio del processo aiutano a migliorare la cultura sociale dello spazio pubblico portando anche riconoscimento, apprezzamento e orgoglio dello spazio pubblico, celebrando l'ingegno ed il gusto dei residenti. Forniscono un ambiente più pulito, dall'odore gradevole, un ambiente abbellito e un'atmosfera fisica terapeutica per un uso produttivo della comunità. Il progetto celebra anche la conoscenza locale promuovendo la collaborazione tra gli strati socio-culturali.

Economico

La dimensione economica del progetto porta con sé opportunità generatrici di reddito, sicurezza della proprietà terriera, promozione della solidarietà e autogestione, produzione da parte della proprietà collettiva e costruzione di reti e politiche attraverso la collaborazione congiunta di diverse iniziative.

Ambientale

Su una scala ambientale, i benefici che i giardini portano includono: cibo privo di pesticidi; genuinità dei prodotti con riduzione dell'inquinamento della favela dato dal km 0 dei prodotti; mitigazione della presenza di spazzatura; miglioramento della qualità dell'aria e riduzione di altri inquinanti; la riduzione dell'infestazione da parassiti; l'uso produttivo degli sprechi alimentari; una fonte d'acqua pulita per la comunità; un aumento della biodiversità; aumento dell'assorbimento di acqua nel suolo che riduce l'erosione; e la prevenzione e il controllo delle malattie attraverso un ambiente più sano.

I tetti sono molto importanti per gli abitanti, quindi devono integrare un elevato numero di funzioni fondamentali, rispondendo ad esigenze alimentari, energetiche, idriche e di protezione primaria per l'edificio. La proposta di progetto propone di risanare gli spazi costruiti esistenti con spazi verdi salubri che invadono la prossimità esterna dell'edificio, penetrando anche all'interno, sulla sua facciata, sopra di esso. I tetti verdi consentono infatti di mitigare le elevate temperature del sito e restituire alle persone un comfort migliore, oltre ad esercitare un'azione di trattamento dell'acqua di pioggia con rilascio lento, benefica per i sistemi di raccolta delle acque, che risultano meno sovraccaricati dalle piogge molto intense.

3.7.4 Studio delle facciate

Gli edifici di progetto risultano diversi su ciascun lato, poichè adattano la pelle dell'edificio alle varie condizioni di orientamento ed esposizione migliorando significativamente il comfort interno, importante nel contesto urbano della favela dove le temperature sono elevate. Le tecniche utilizzate per conseguire quest'ottimizzazione sono il Cobogó, la vegetazione rampicante e l'utilizzo di corpi ombreggianti in aggetto alle facciate.

Il Cobogó è un sistema fatto di materiali quali cemento, ceramica, mattoni, usati nella costruzione di pareti perforate tipiche del Brasile. La funzione principale è quella di elemento separatorio tra interno ed esterno, senza compromissione della luce naturale e della ventilazione. Il sistema è stato concepito come elemento che compone le partizioni verticali, ideale per edifici situati in luoghi caldi e umidi come il Brasile, è una reinterpretazione dei muxarabis costituiti da strutture in legno applicate alle finestre per consentire ventilazione e illuminazione pur garantendo la protezione visiva dall'esterno. Il Cobogó è stato creato nel 1929 a Recife, Pernambuco, Brasile e deve il nome ai tre inventori: Amadeu Oliveira Coimbra (CO), Ernest agosto Boeckmann (BO) e Antonio de Gois (GO).

L'uso dei Cobogó nel progetto e all'interno della favela può assicurare diversi vantaggi:

- Ombreggiamento

La realizzazione di corpi ombreggianti permette di ridurre l'incidenza dei raggi solari e il surriscaldamento degli ambienti;

- Ventilazione naturale

Punto chiave per ottenere significativi risparmi energetici nell'edificio (mantiene una tempe

ratura interna confortevole, minimizzando l'uso di sistemi meccanici), questa strategia è molto utilizzata in Brasile, poichè i piccoli fori consentono un aumento di velocità dei flussi d'aria migliorando la ventilazione degli spazi.

- Illuminazione naturale

I blocchi di Cobogó sono davvero decorativi, le ombre riflesse dal passaggio della luce attraverso di essi sono davvero affascinanti e in grado di abbellire qualsiasi ambiente interno;

- Protezione solare

Efficace azione schermante che protegge gli utenti dal forte soleggiamento diretto;

- Possibilità di diverse configurazioni

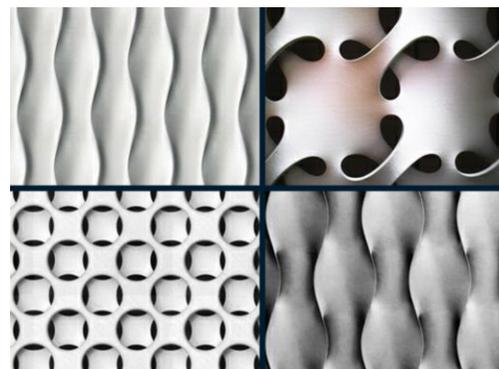
Il sistema si adatta ai vari orientamenti e alle varie destinazioni d'uso interne per cui è utilizzato, modulando il numero di pieni e vuoti;

- Costruzione in loco

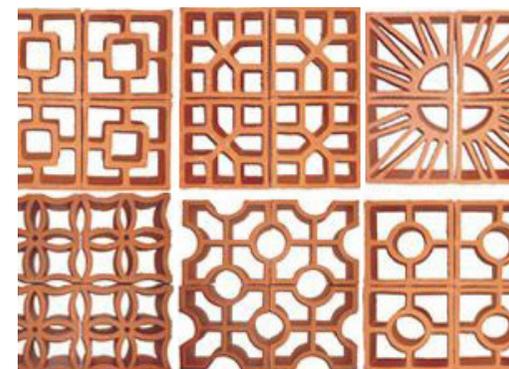
La semplicità estrema di questo sistema costituito da mattoni forati consente l'utilizzo di manodopera locale con il coinvolgimento della comunità privilegiando l'economia locale, riduzione dei costi di trasporto con conseguente abbattimento del costo di costruzione dell'opera.

Le tipologie di sistemi Cobogó realizzabili sono praticamente illimitate ed i materiali utilizzati principalmente in favela sono il laterizio e il cemento, si possono realizzare anche utilizzando materiali ceramici, metalli, legno e materiali riciclati o di origine naturale con la possibilità di attrezzare i vasi per le piante, che risultano naturalmente più costosi e complessi da produrre.

COBOGÒ IN METALLO



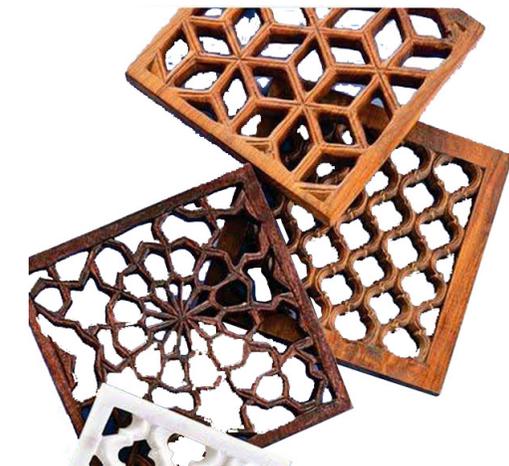
COBOGÒ IN LATERIZIO



COBOGÒ IN CERAMICA



COBOGÒ IN LEGNO



COBOGÒ IN CEMENTO



COBOGÒ ATTREZZATI PER IL VERDE



Il sistema di facciata verde che viene creato utilizza piante rampicanti che vengono piantate all'interno di appositi vassoi contenenti terreno e nutrienti, le piante si attaccano direttamente alla facciata appoggiandosi agli elementi in laterizio che vi fuoriescono, in alternativa è possibile installare delle strutture di sostegno che agevolano lo sviluppo del verde verticale. Le facciate verdi offrono un notevole contributo all'ambiente poiché migliorano la qualità dell'aria trattenendo i materiali inquinanti, attenuano il rumore, abbassano le temperature percepite, trattengono l'acqua di pioggia con rilascio lento che decongestiona le reti di raccolta.

Questi sistemi di facciata riescono a massimizzare lo spazio verde della città laddove lo spazio a disposizione è insufficiente, perché richiedono un ingombro minimo, presentano bassi costi di realizzazione e di manutenzione rispetto alle più complesse tecnologie di inverdimento di facciata.

“L'aspetto più rilevante riguarda la capacità di portare forme di vita, in situazioni che sarebbero altrimenti, aride e sterili. L'integrazione di vegetazione nel costruito consente un aumento della biodiversità animale creando un habitat per microrganismi e piccoli animali, le coperture verdi infatti costituiscono una fonte di nutrimento e un'opportunità per nidificare e riprodursi. La presenza di questi microrganismi è essenziale per la catena alimentare dell'ecologia urbana e per il controllo delle condizioni ambientali. Nelle aree cementificate come la favela questi sistemi sono importanti”.¹

¹ Katia Perini, *Progettare il verde in città. Una strategia per l'architettura sostenibile*, 2013.



Figura 3.113 Facciata metallica con piante rampicanti

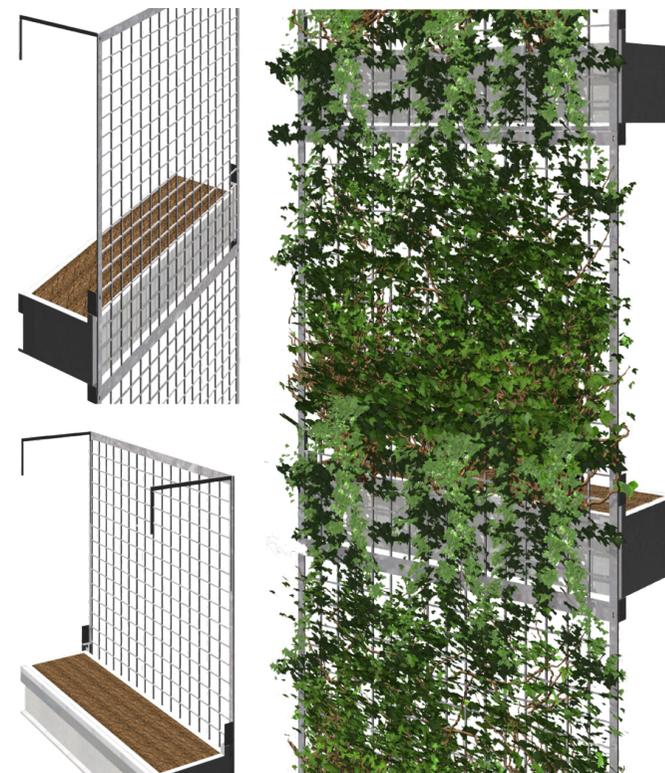


Figura 3.115 Sistema di facciata con grigliato metallico per piante

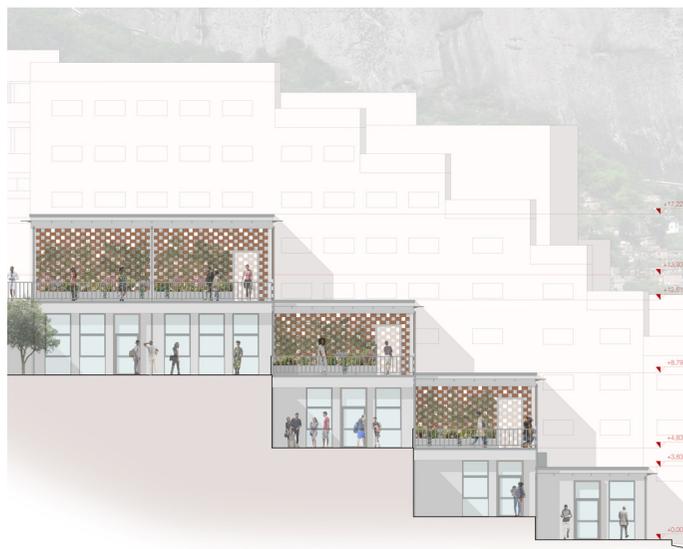


Figura 3.114 Prospetto Cobogó edificio di progetto



Figura 3.116 Render Cobogó edificio di progetto con piante rampicanti

3.8 Disegni e renders

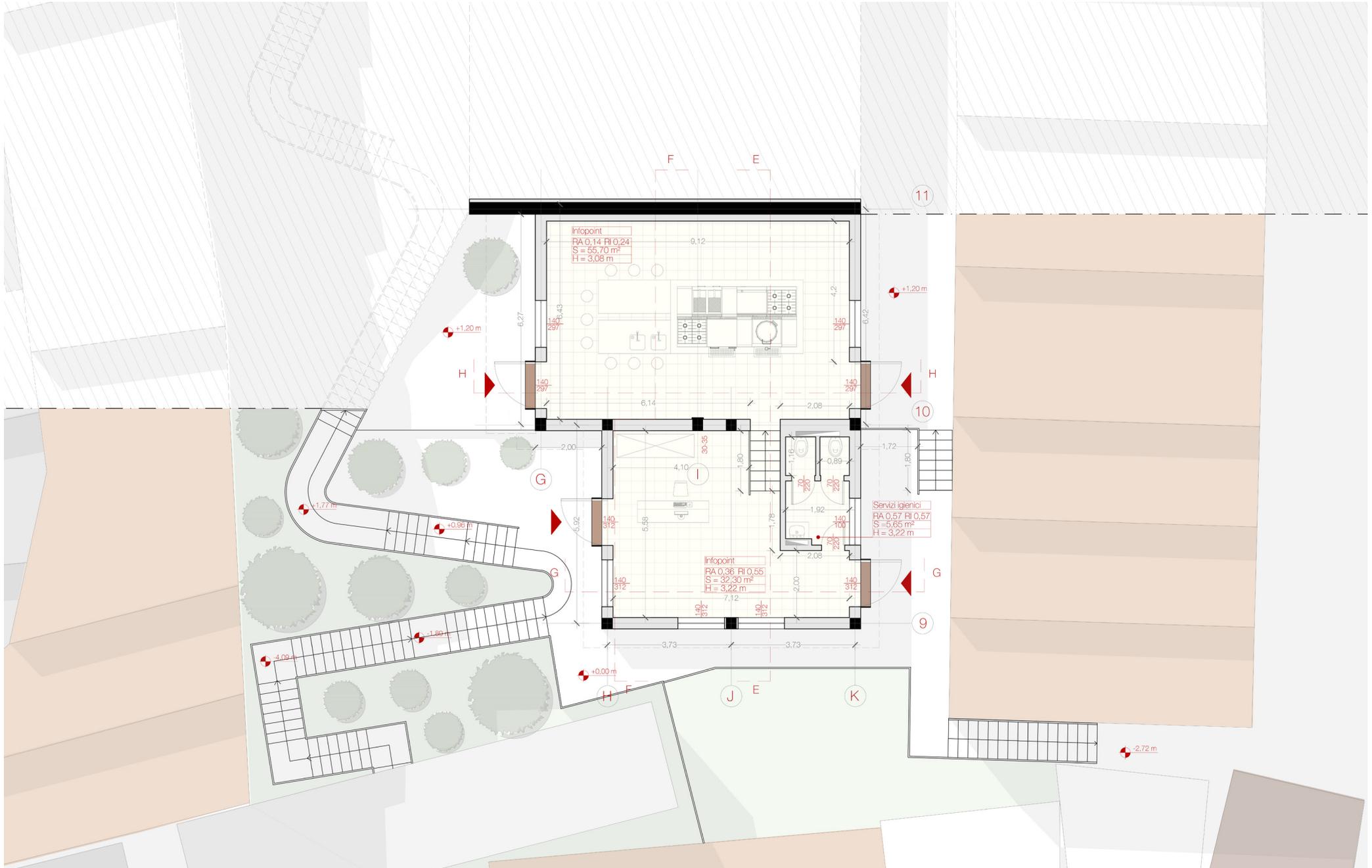


Figura 3.117 Edificio 3 Pianta infopoint - laboratori di cucina

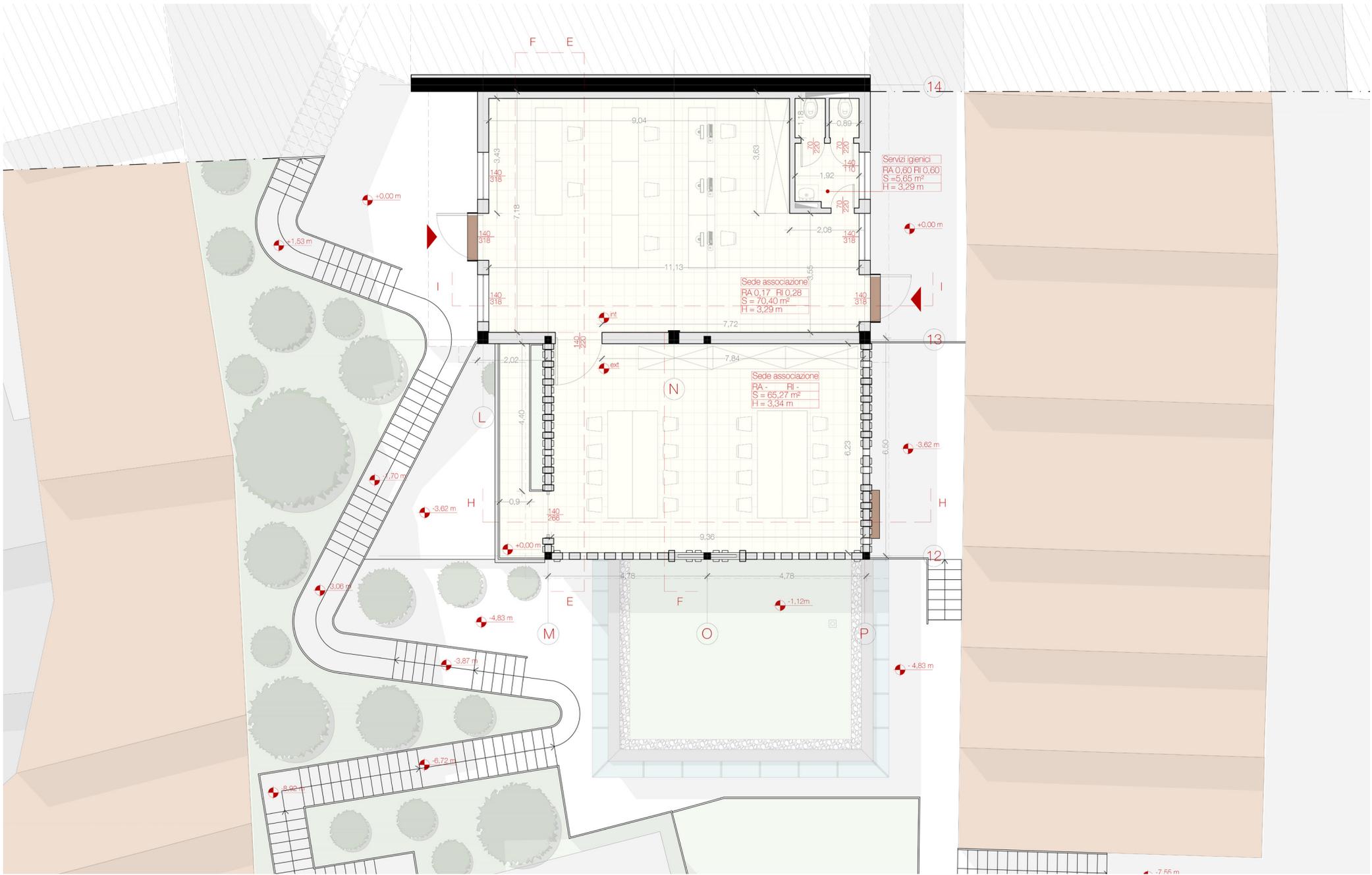


Figura 3.118 Edificio 3 Pianta associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi

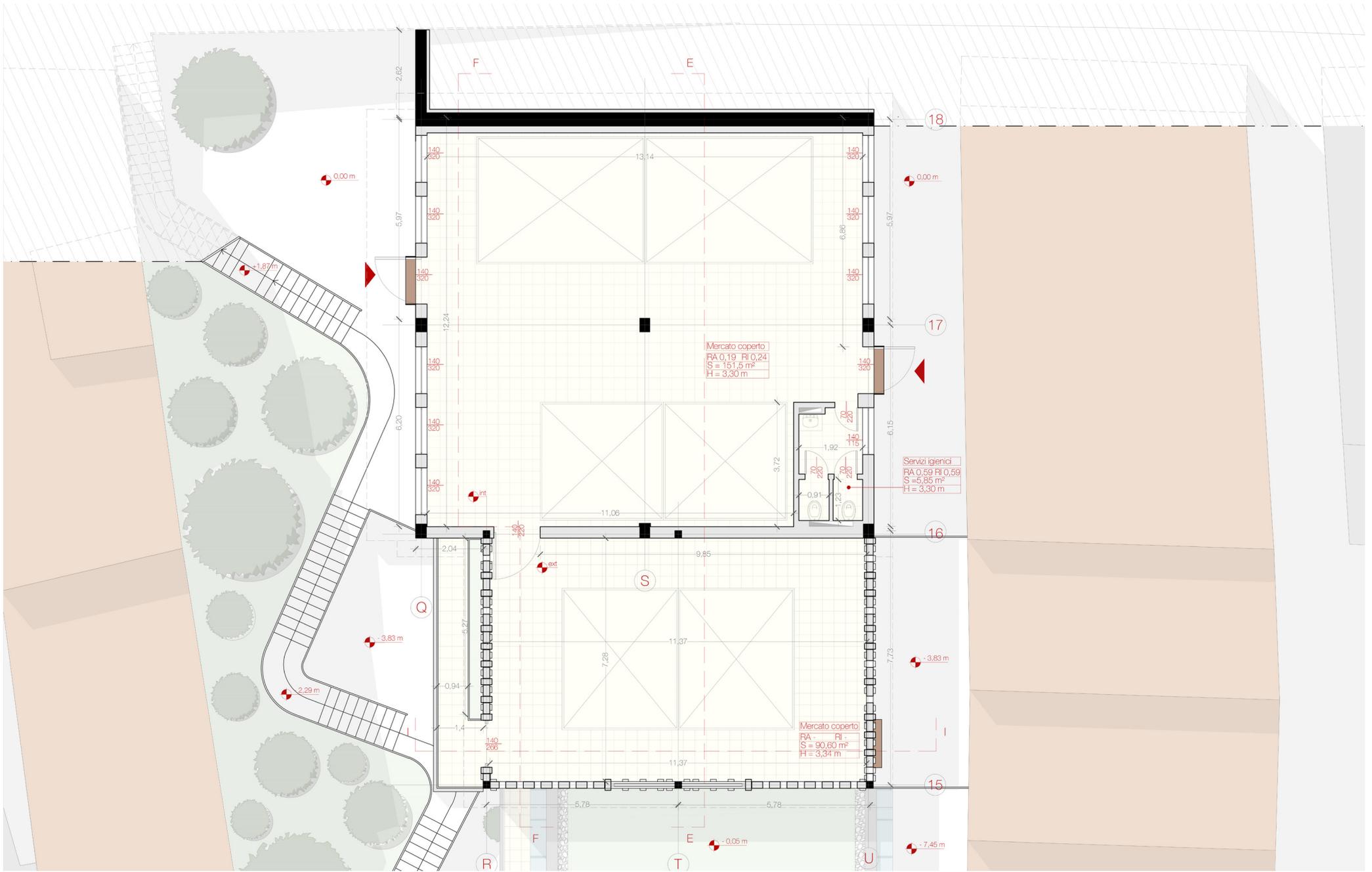


Figura 3.119 Edificio 3 Pianta mercato frutta, verdura e semi - mercato piante e fiori

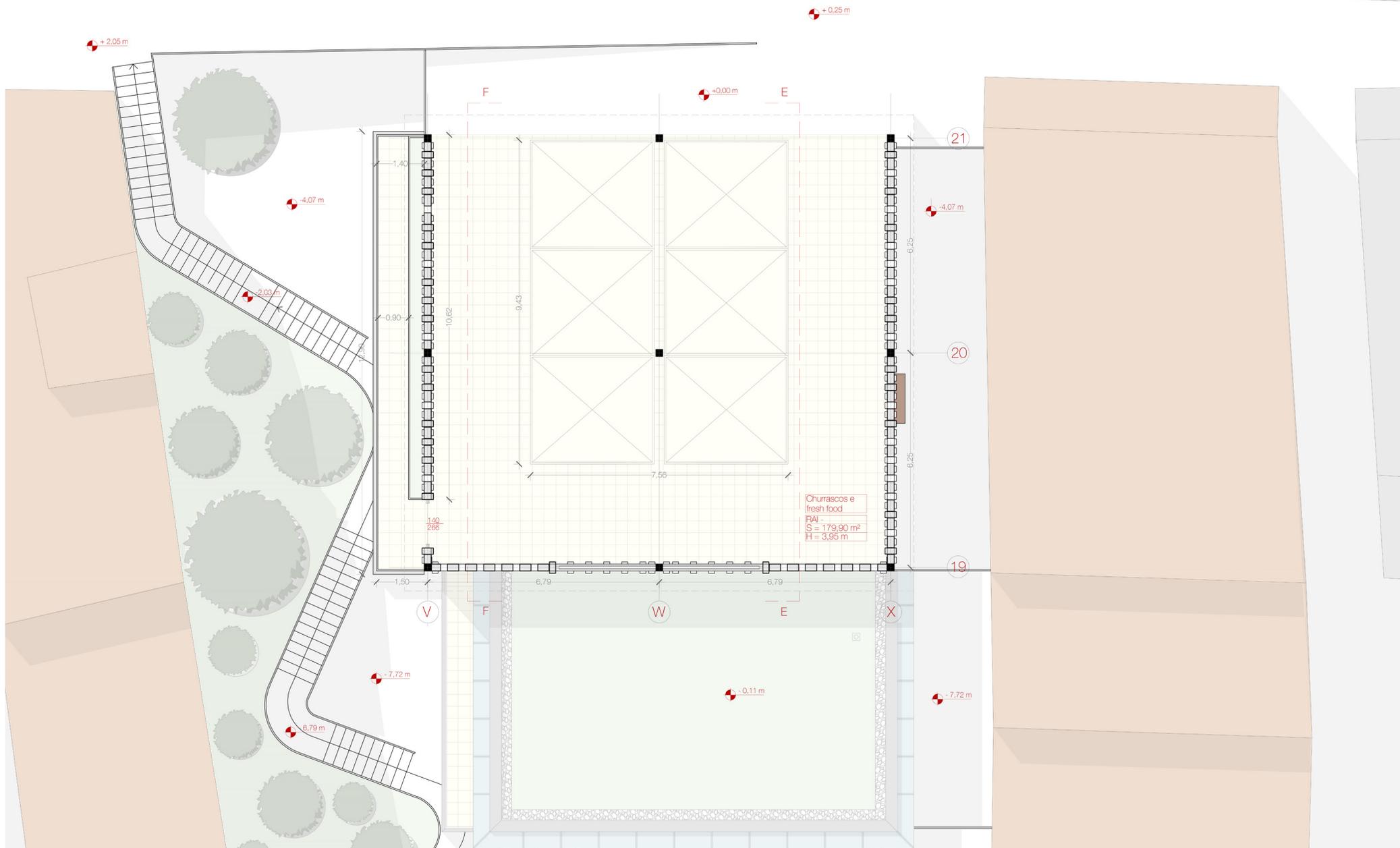


Figura 3.120 Edificio 3 Planta churrasco e fresh food

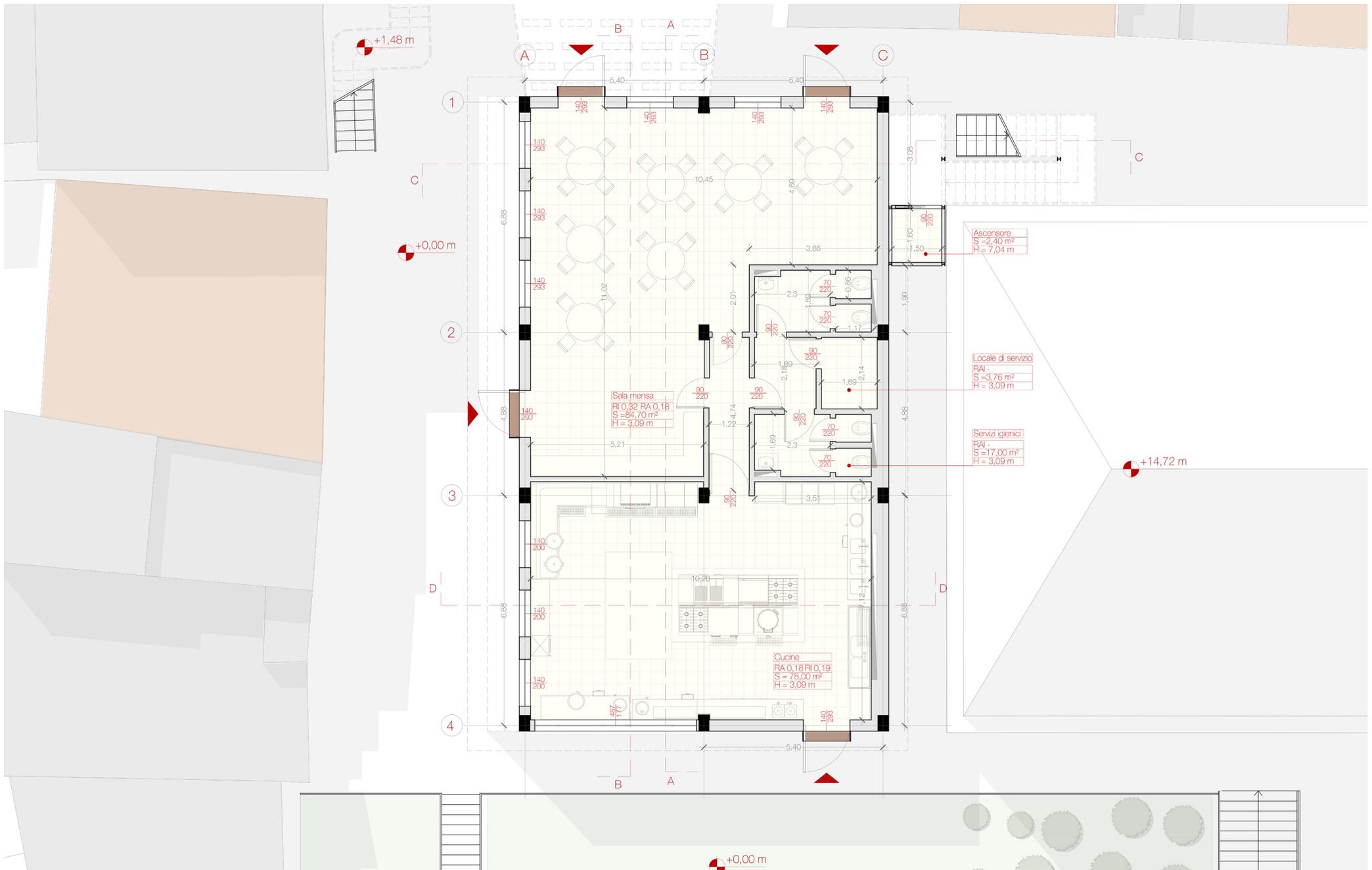


Figura 3.121 Edificio 2 Pianta mensa pubblica

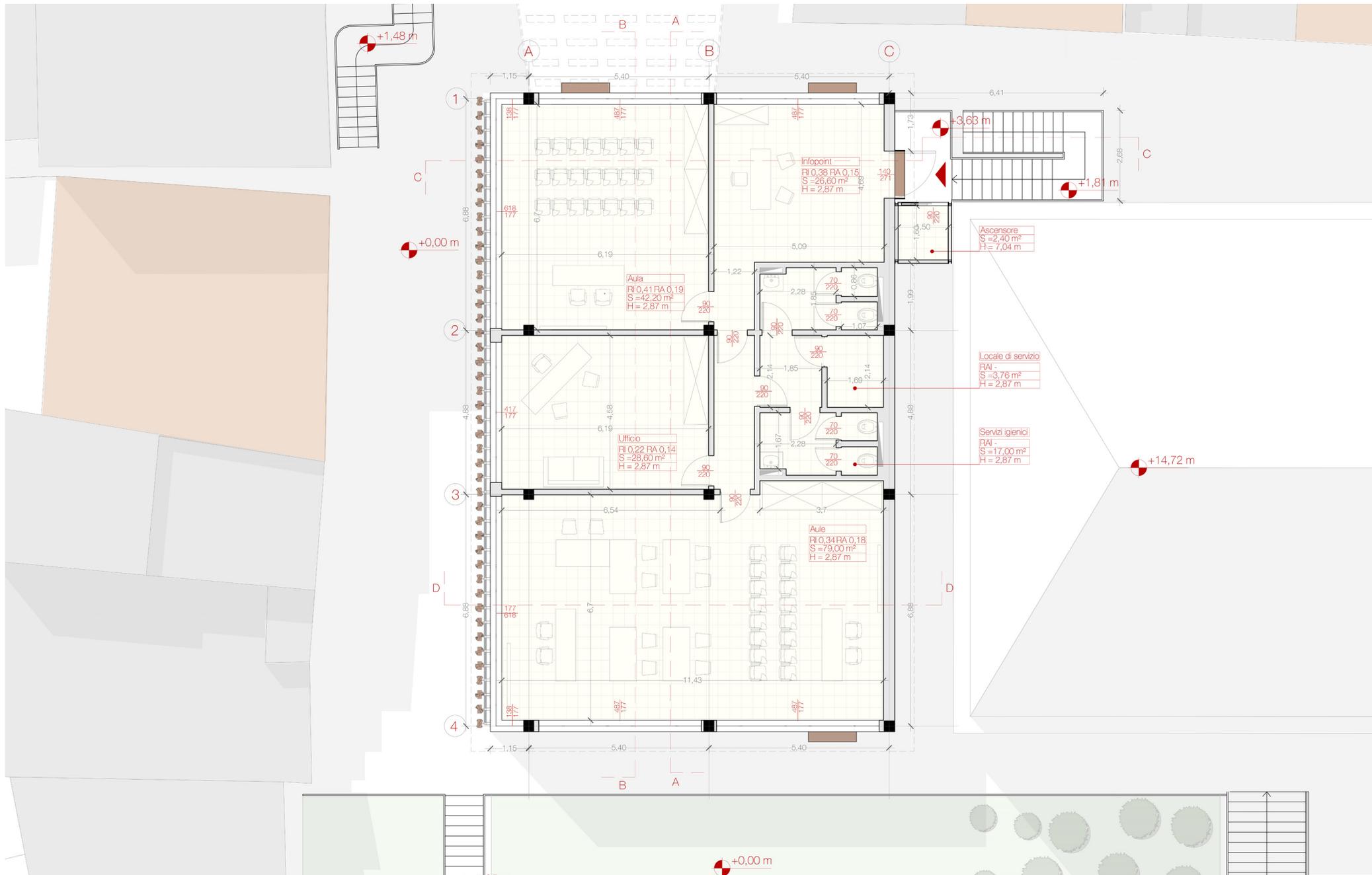


Figura 3.122 Edificio 2 Pianta centro di formazione



Figura 3.123 Edificio 3 Planta coperture

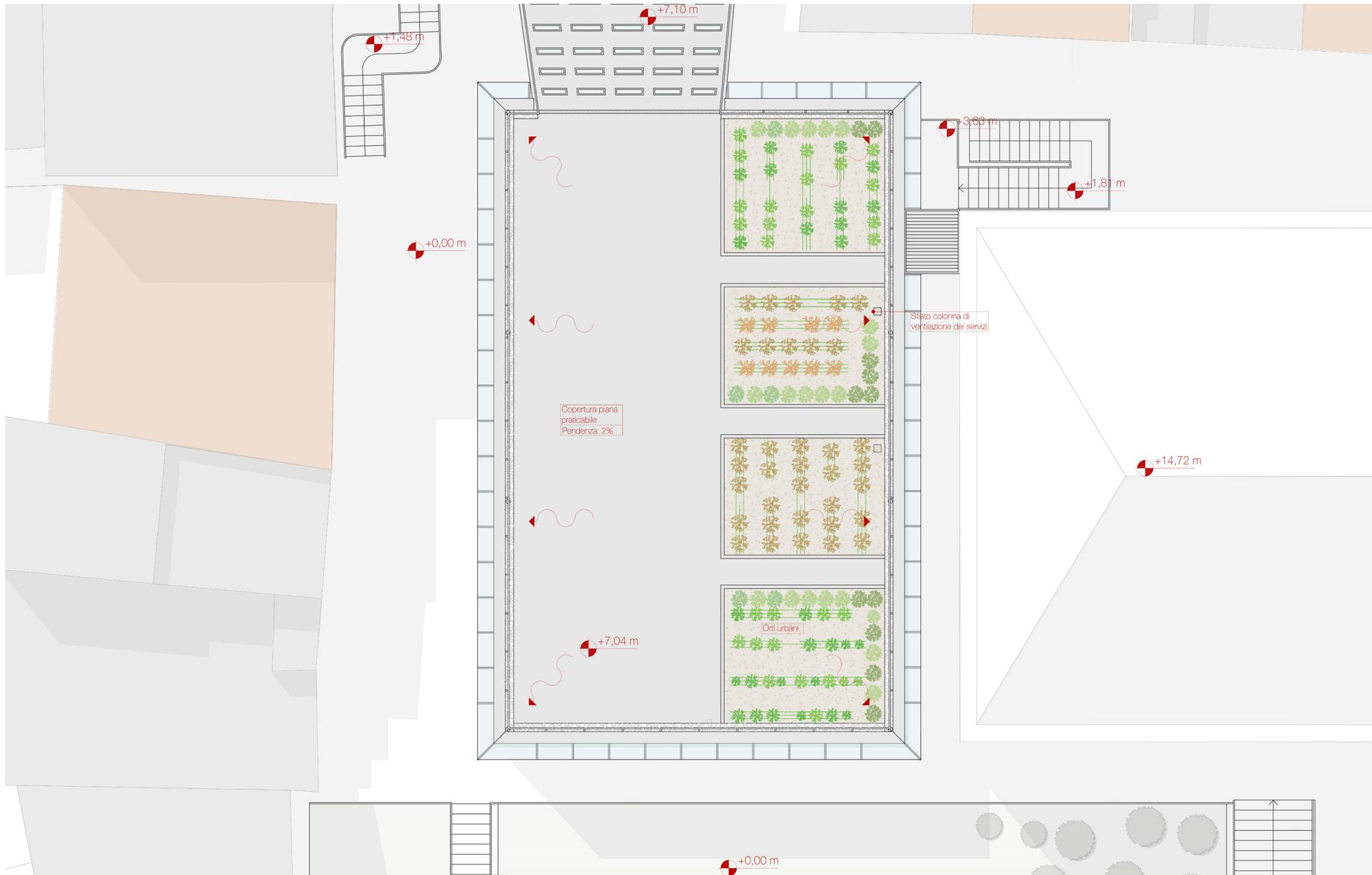


Figura 3.124 Edificio 2 Pianta coperture

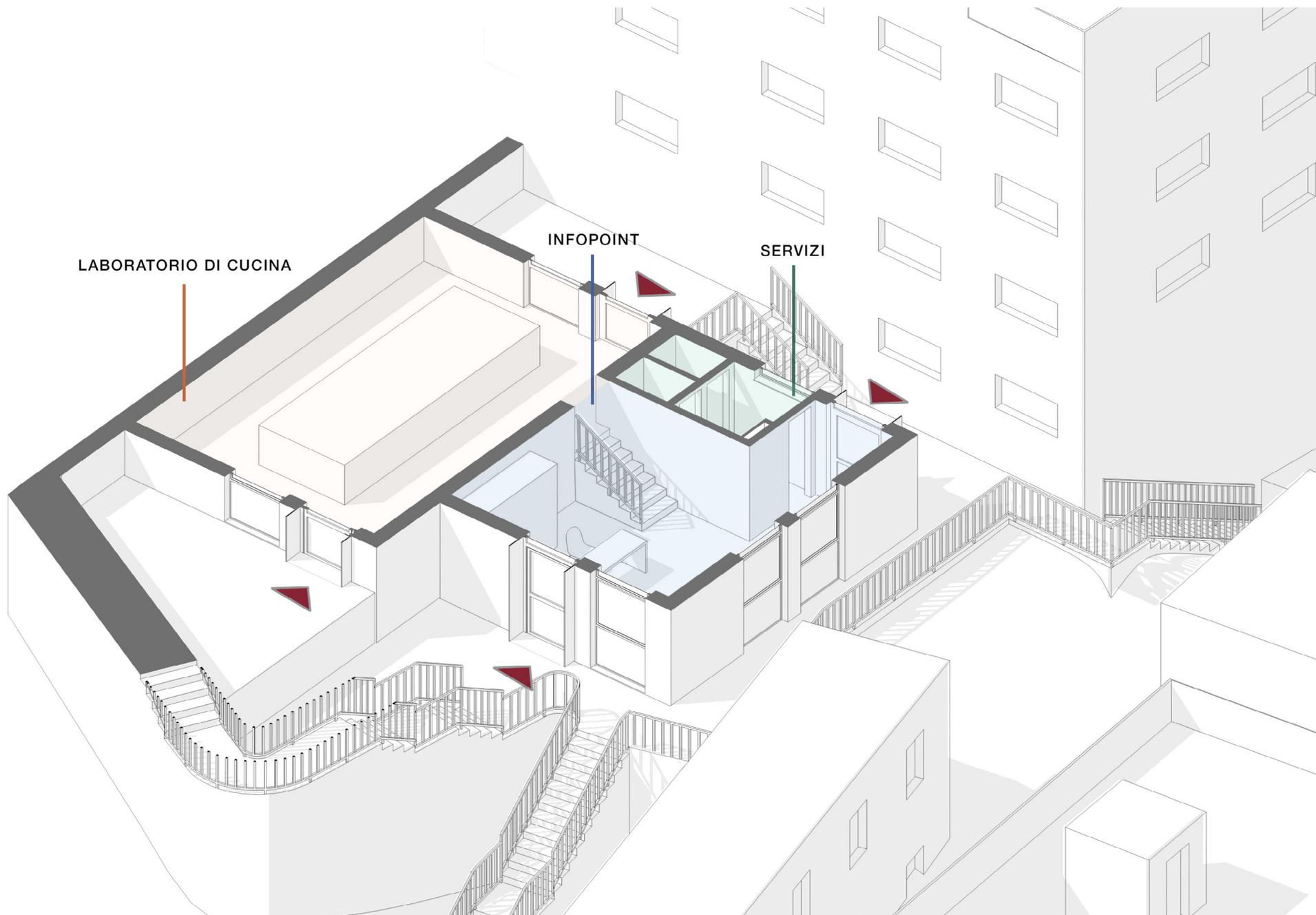


Figura 3.125 Edificio 3 layout funzionale infopoint - laboratori di cucina

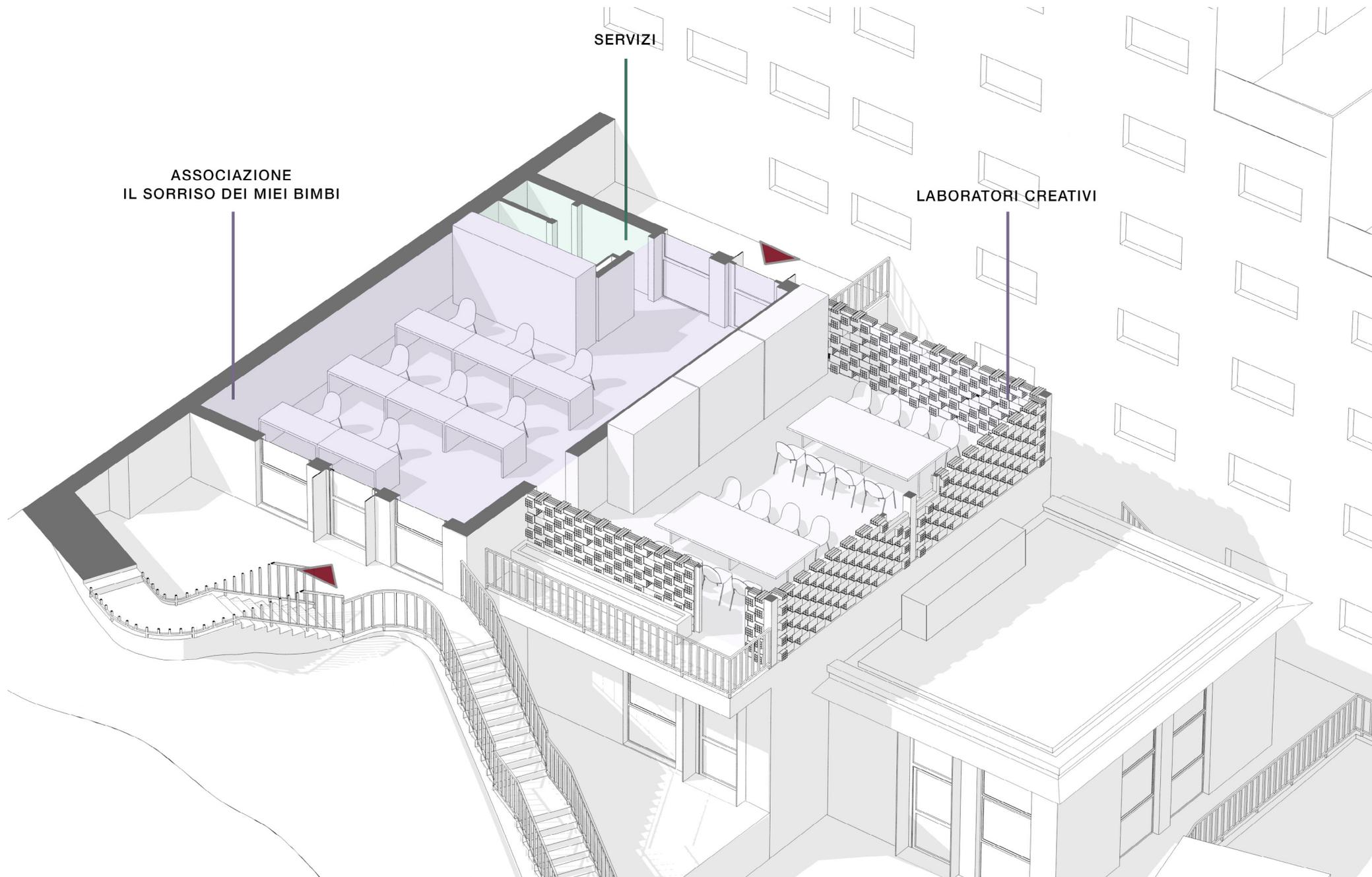


Figura 3.126 Edificio 3 layout funzionale associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi

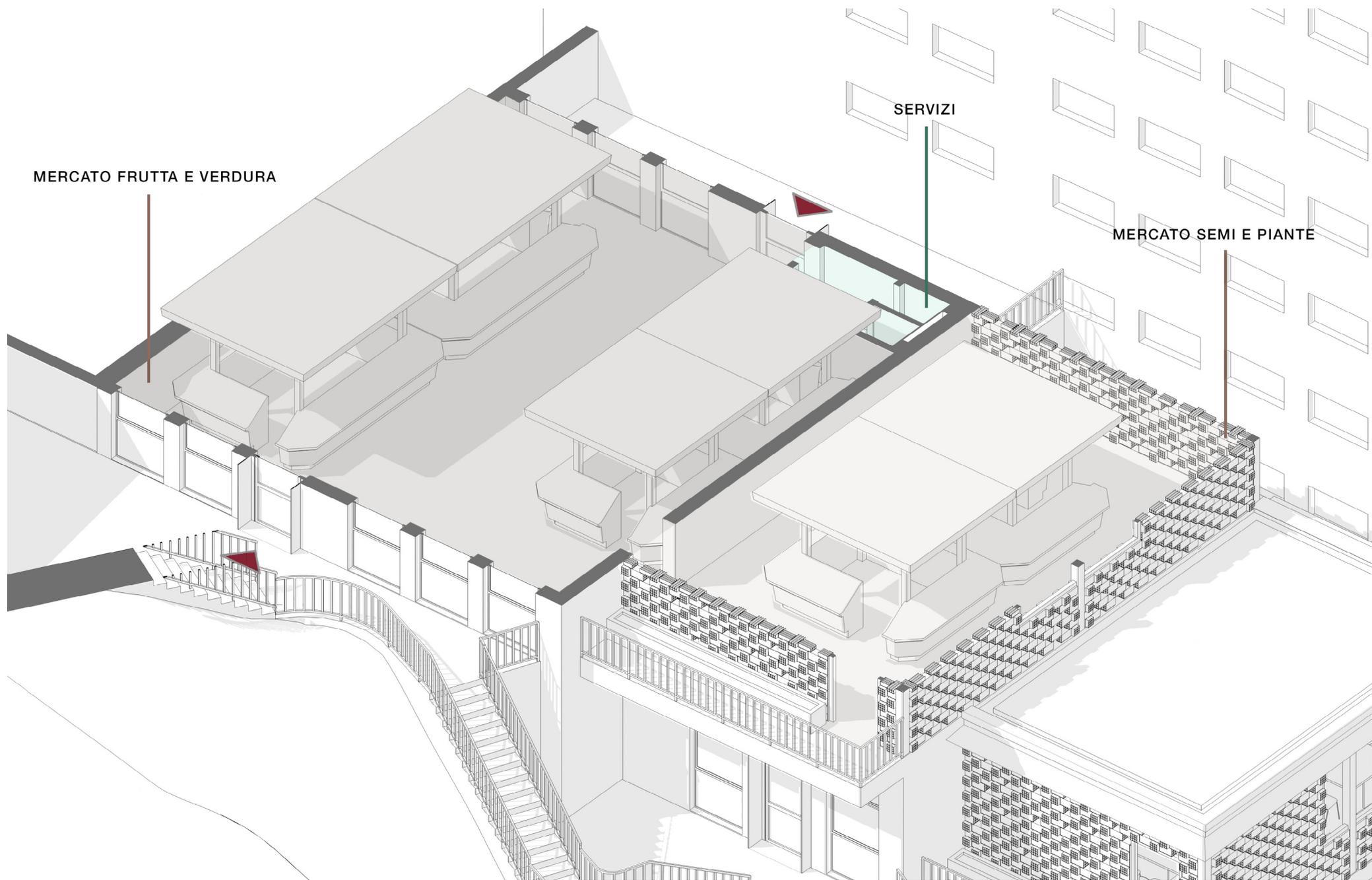


Figura 3.127 Edificio 3 layout funzionale mercato frutta, verdura e semi - mercato piante e fiori

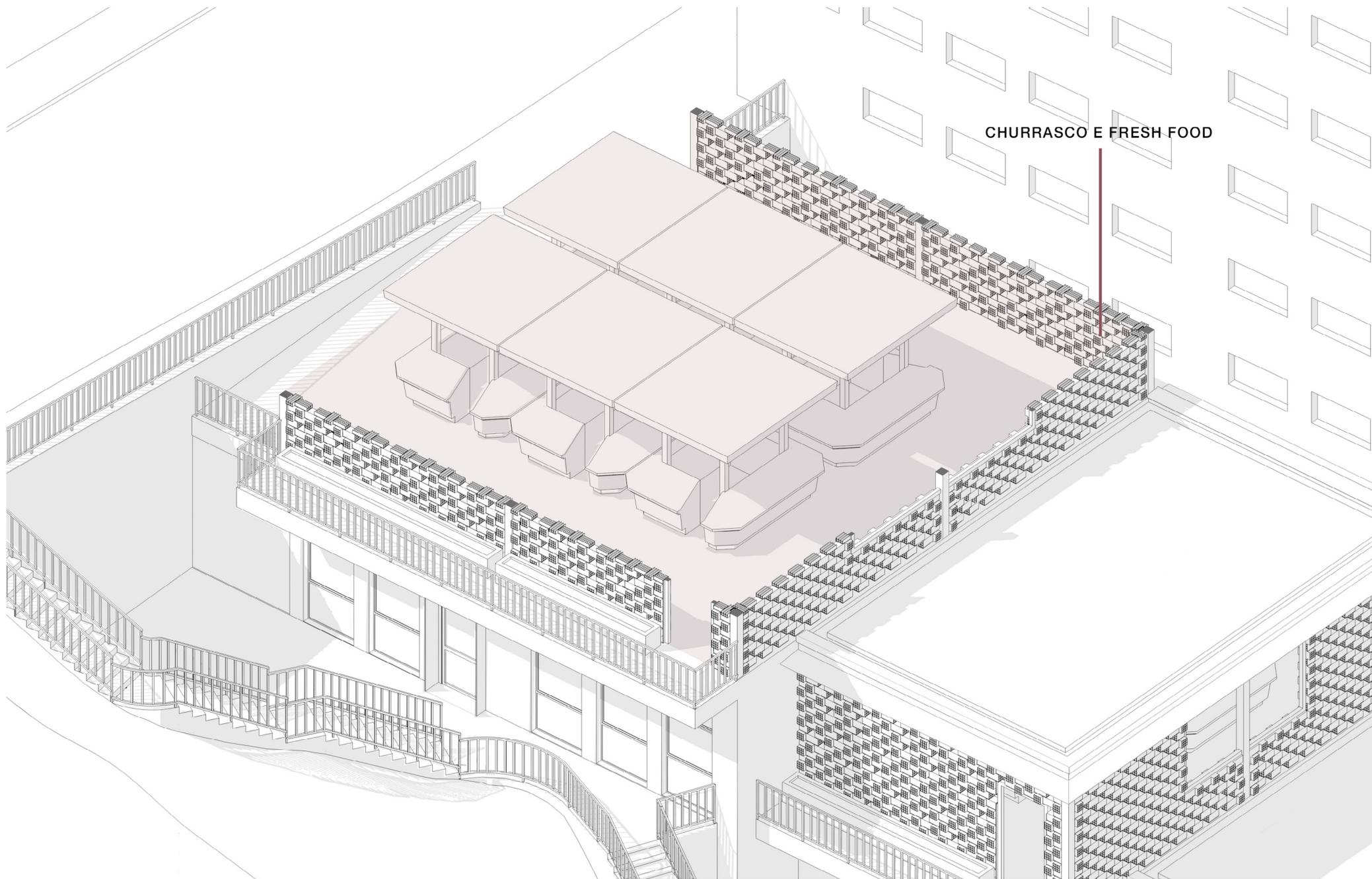


Figura 3.128 Edificio 3 layout funzionale churrasco e fresh food

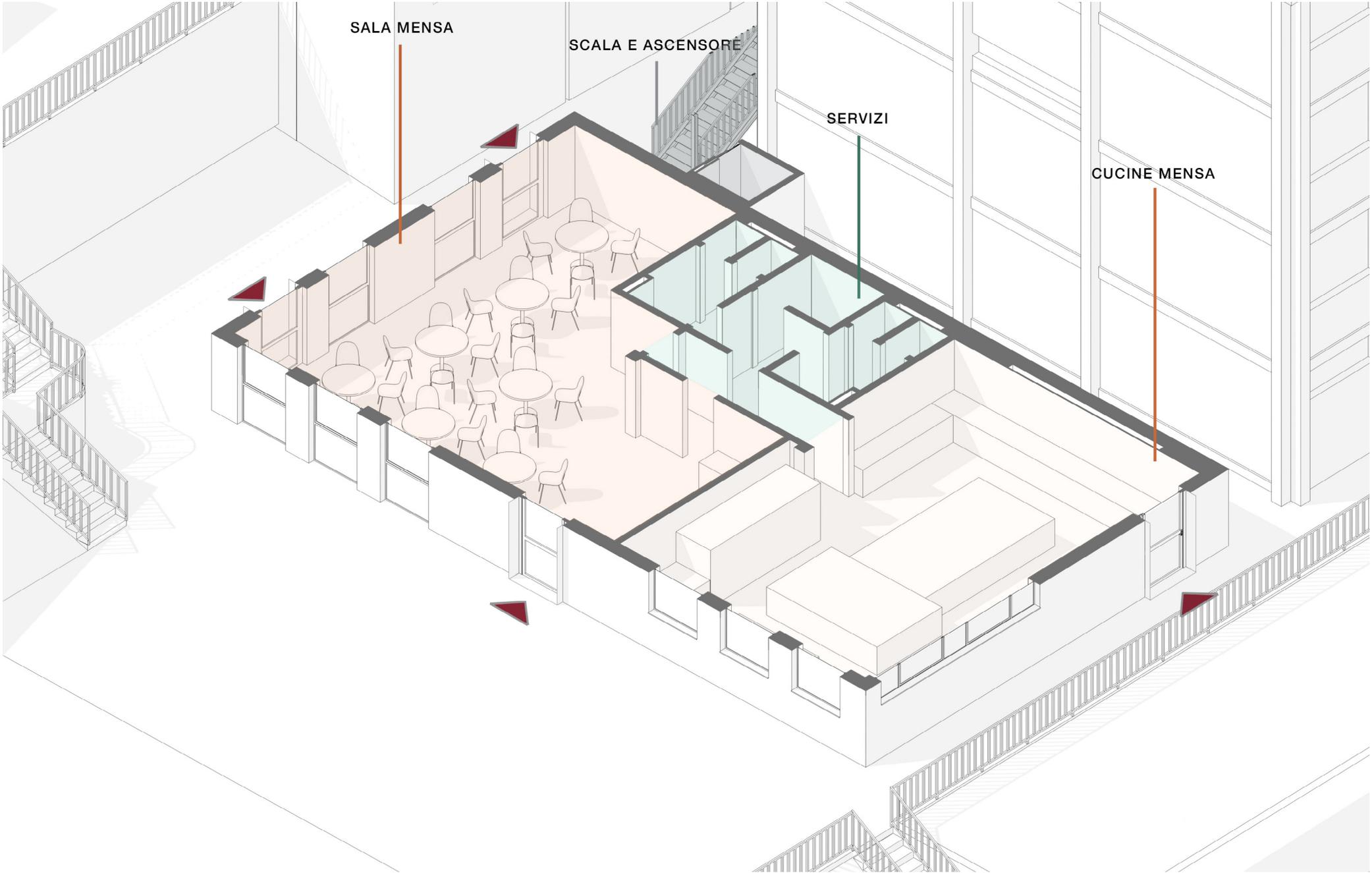


Figura 3.129 Edificio 2 layout funzionale mensa pubblica

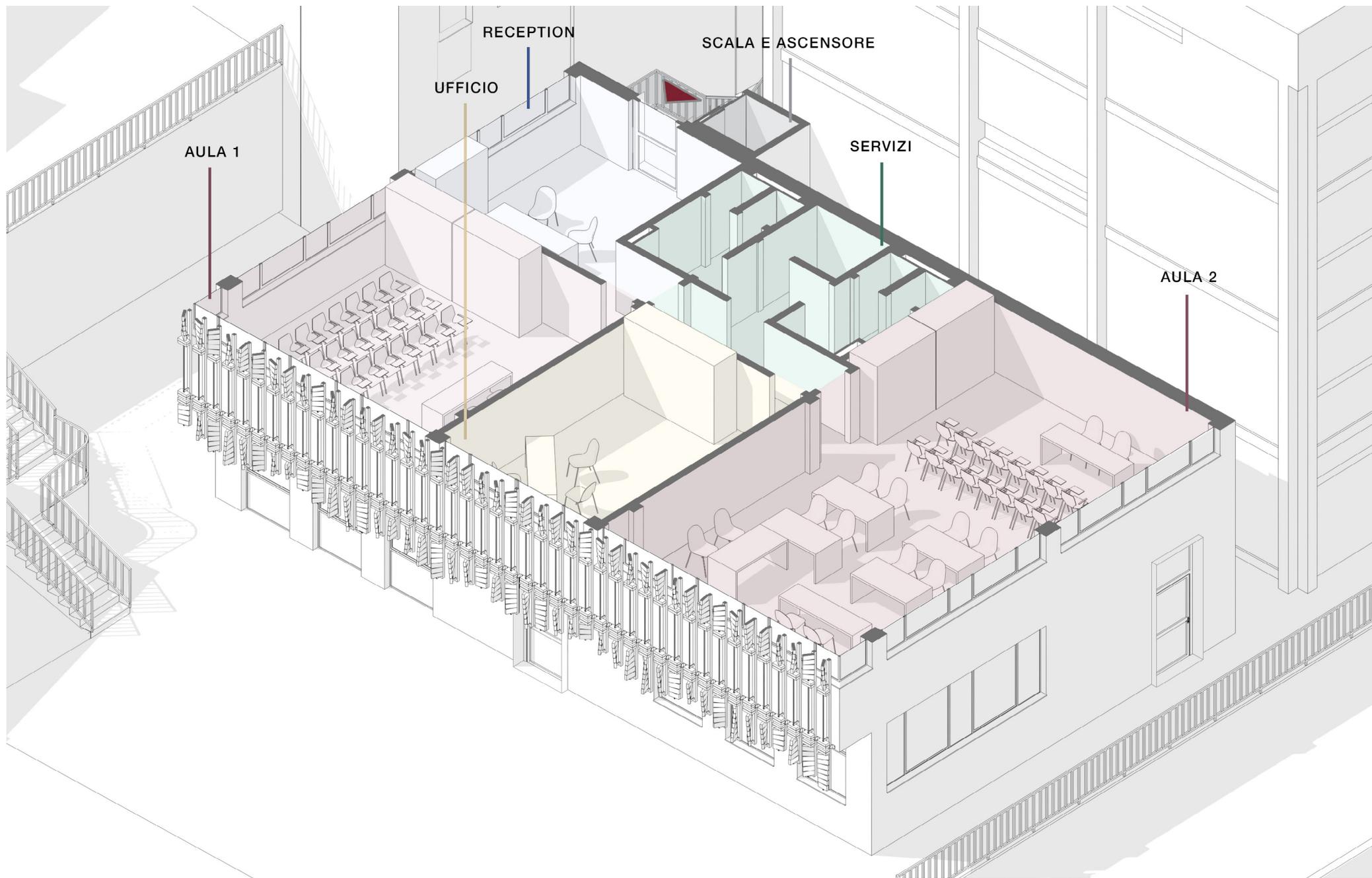


Figura 3.130 Edificio 2 layout funzionale centro di formazione



Figura 3.131 Prospetto Ovest edificio 3

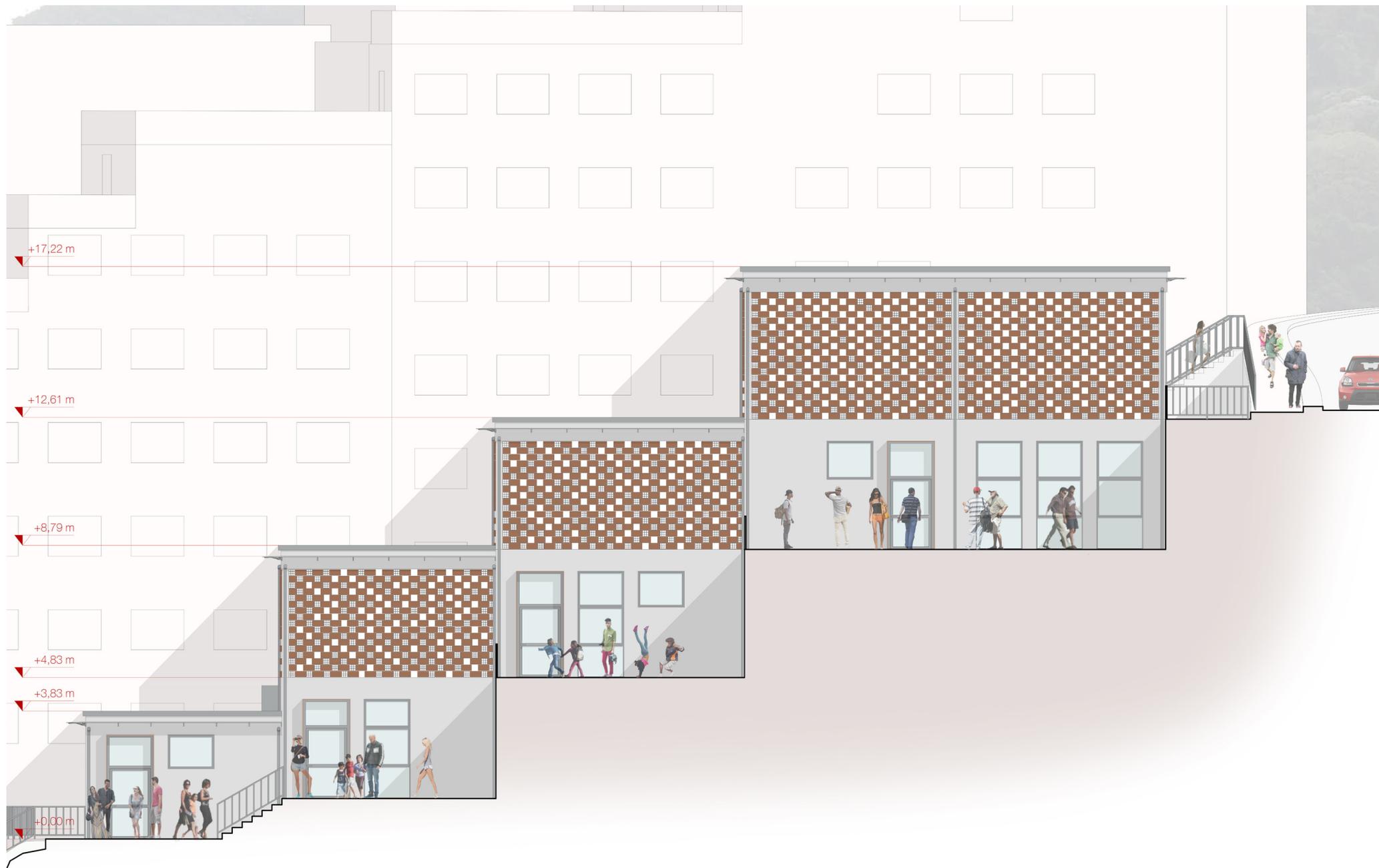


Figura 3.132 Prospetto Est edificio 3



Figura 3.133 Prospetto Sud edificio 3



Figura 3.134 Prospetto Nord edificio 3

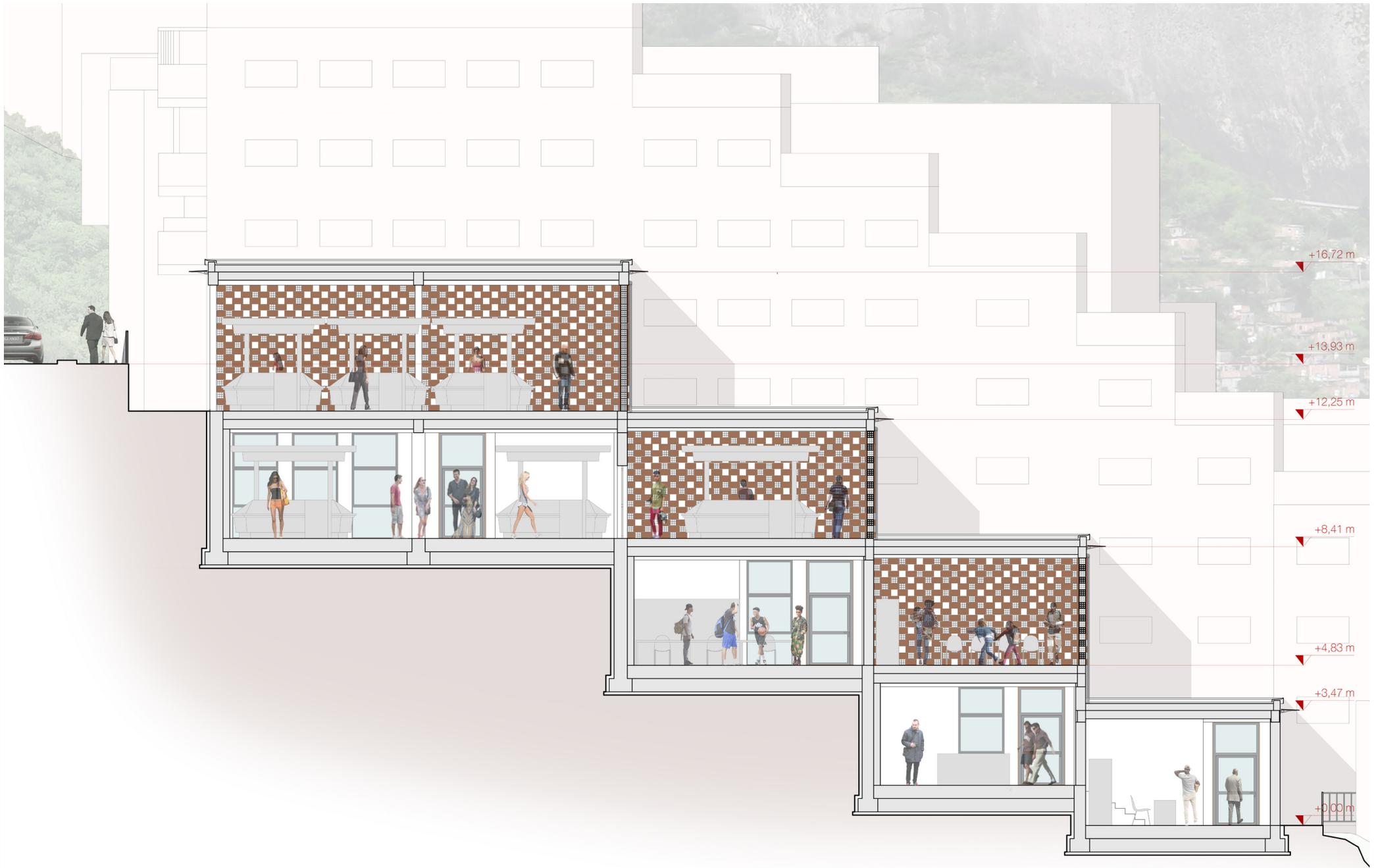


Figura 3.135 Sezione longitudinale F - F edificio 3

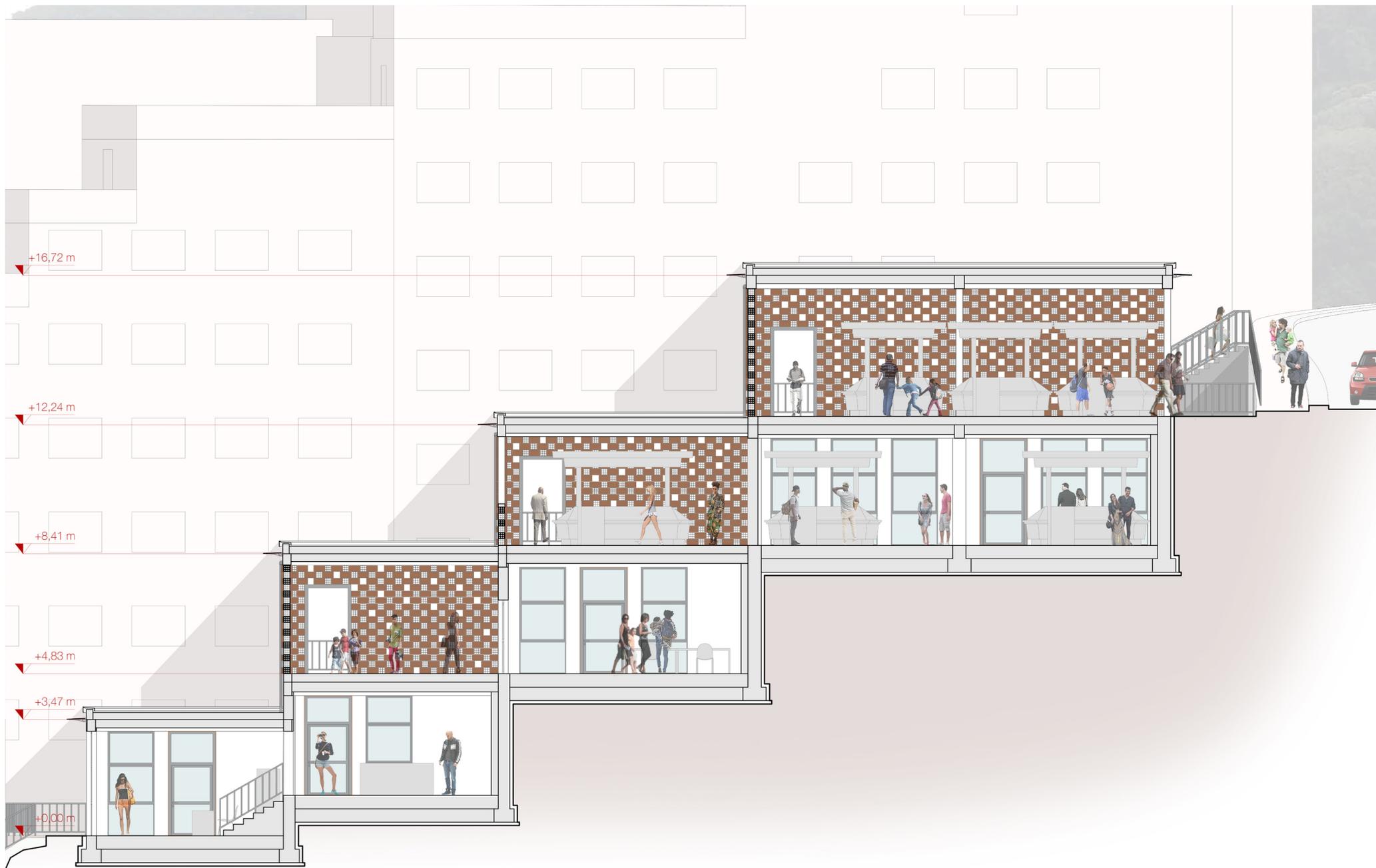


Figura 3.136 Sezione longitudinale E - E edificio 3



Figura 3.137 Sezione trasversale G - G edificio 3



Figura 3.138 Sezione trasversale H - H edificio 3



Figura 3.139 Sezione trasversale I - I edificio 3

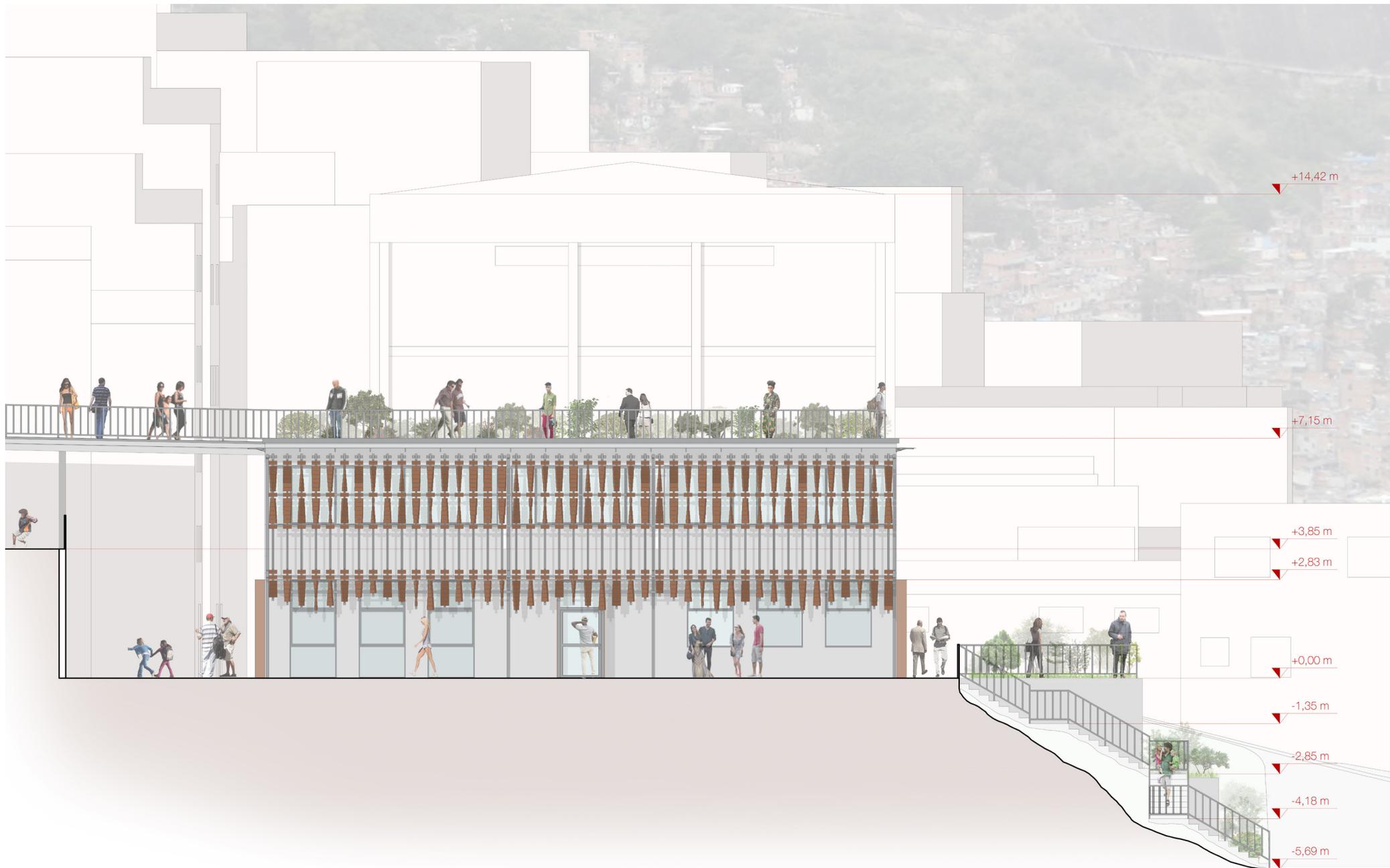


Figura 3.140 Prospetto Ovest edificio 2

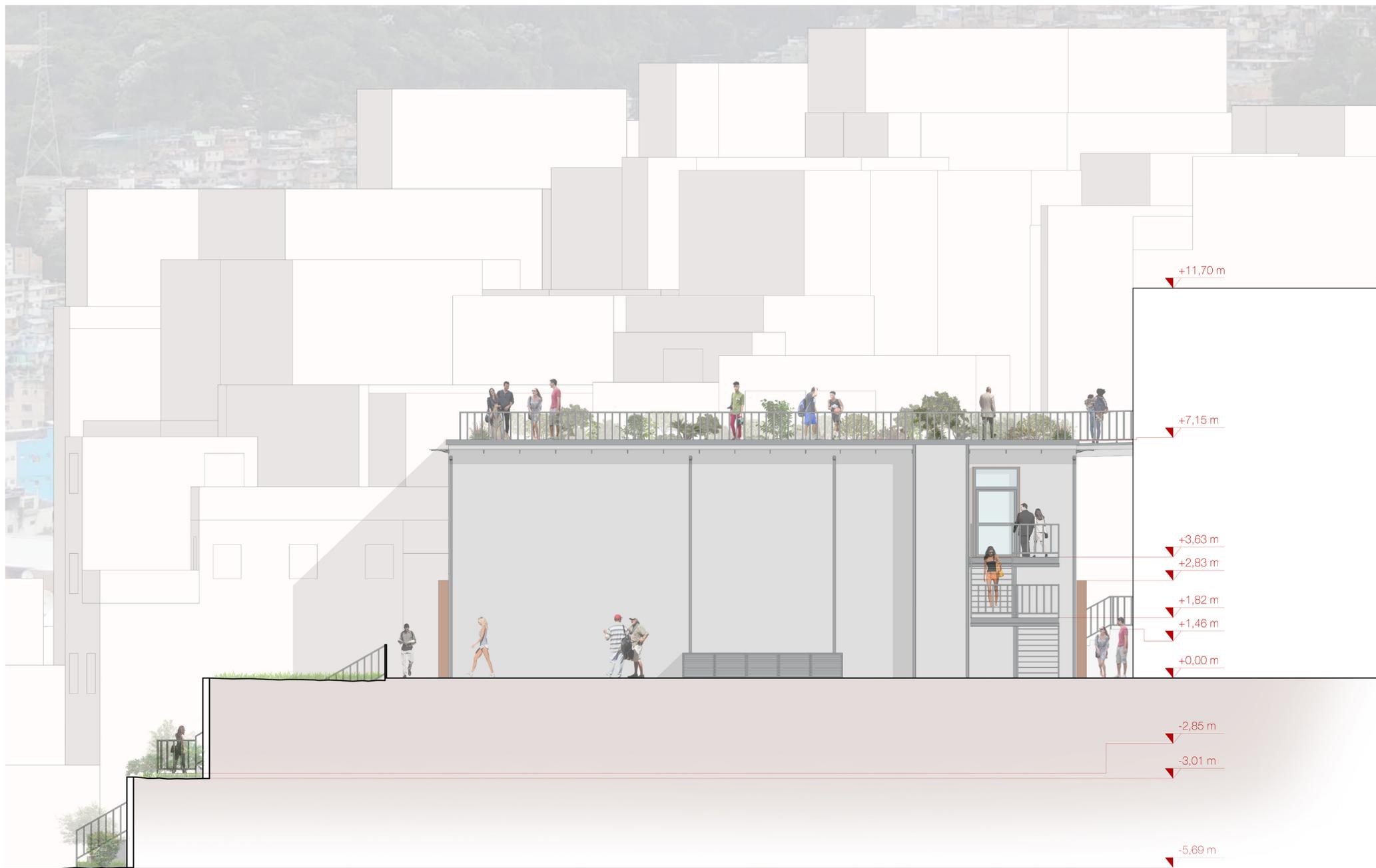


Figura 3.141 Prospetto Est edificio 2



Figura 3.142 Prospetto Nord edificio 2



Figura 3.143 Prospetto Sud edificio 2

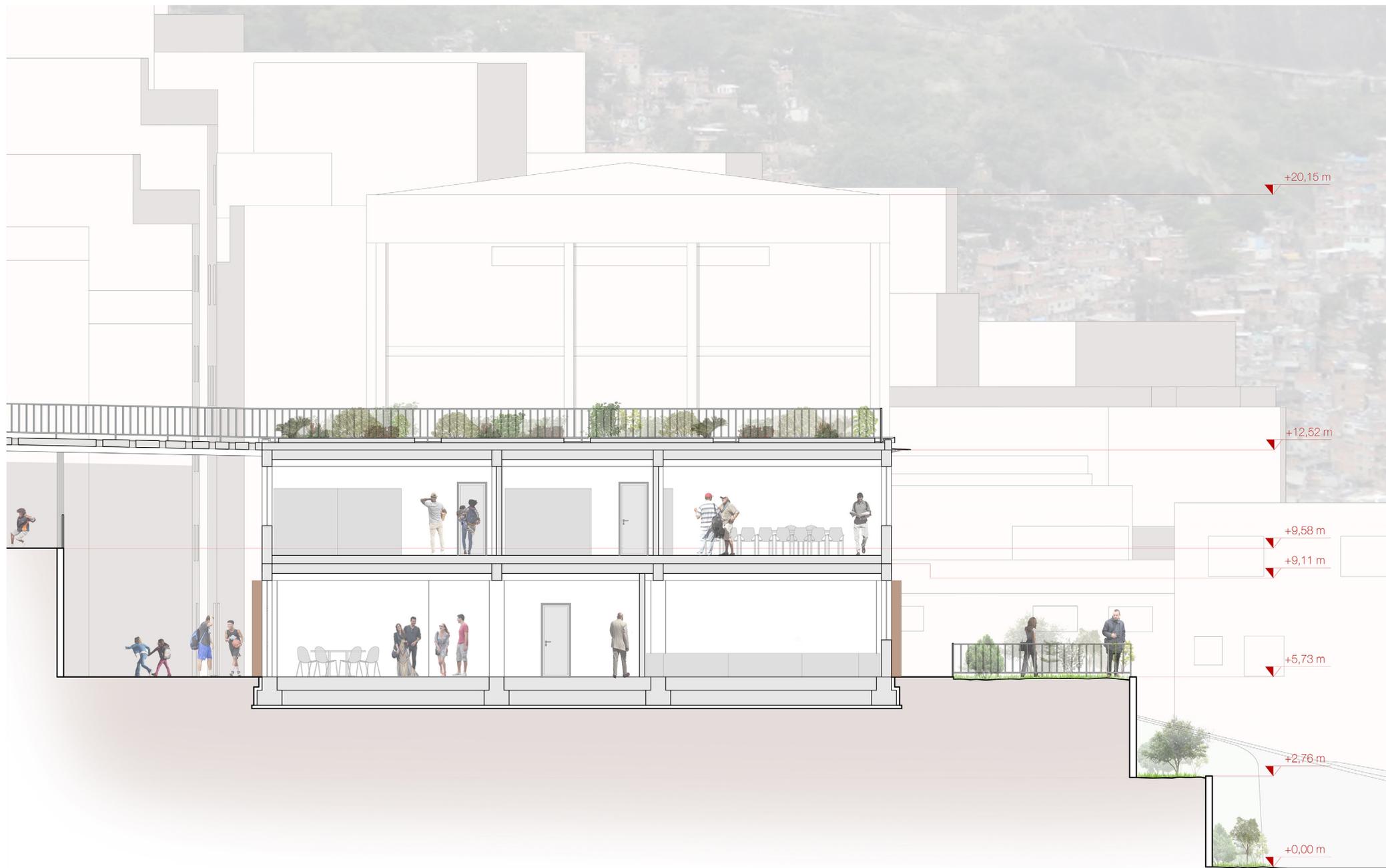


Figura 3.144 Sezione longitudinale A - A edificio 2



Figura 3.145 Sezione longitudinale B - B edificio 2

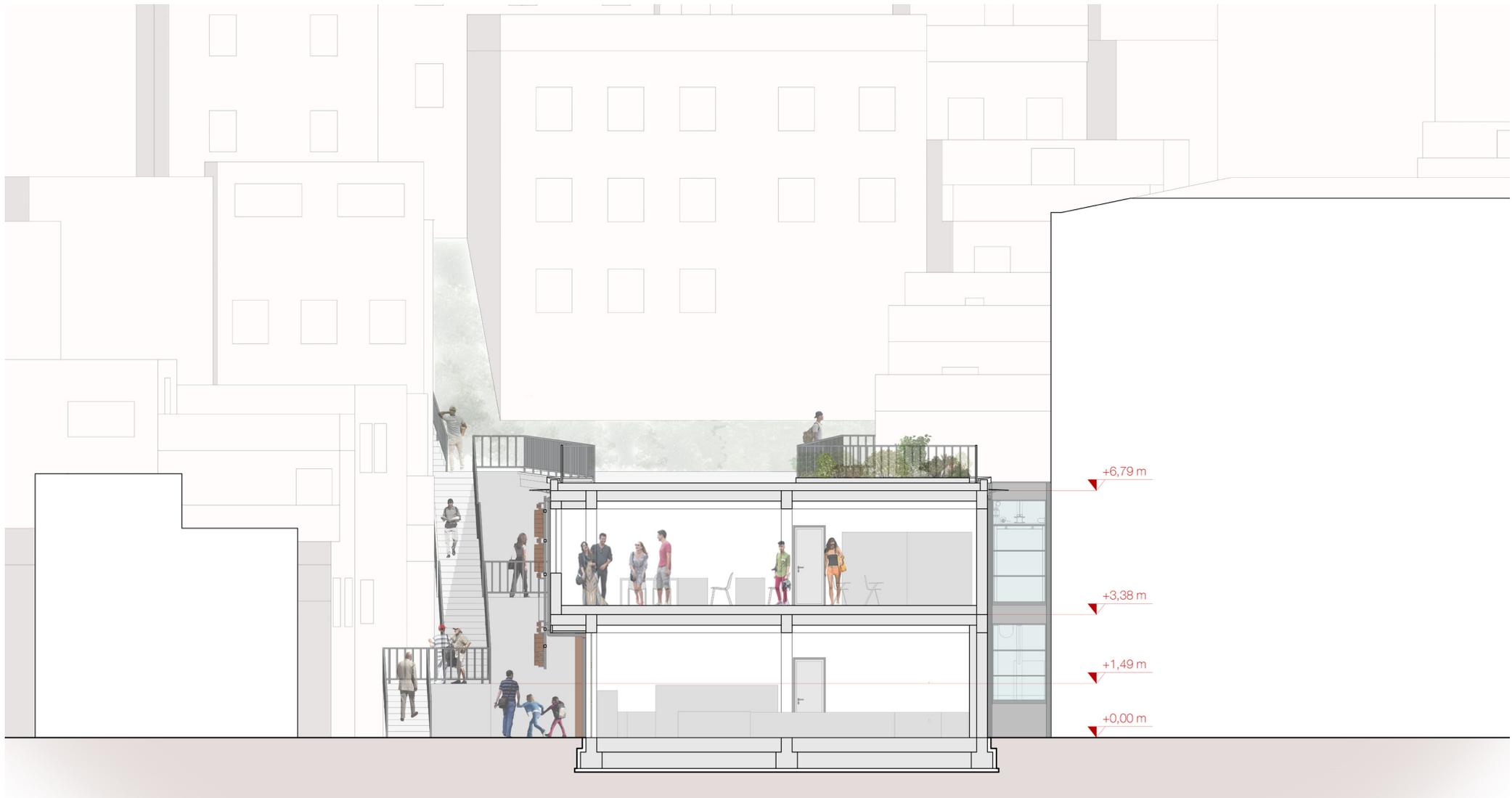


Figura 3.146 Sezione longitudinale C - C edificio 2

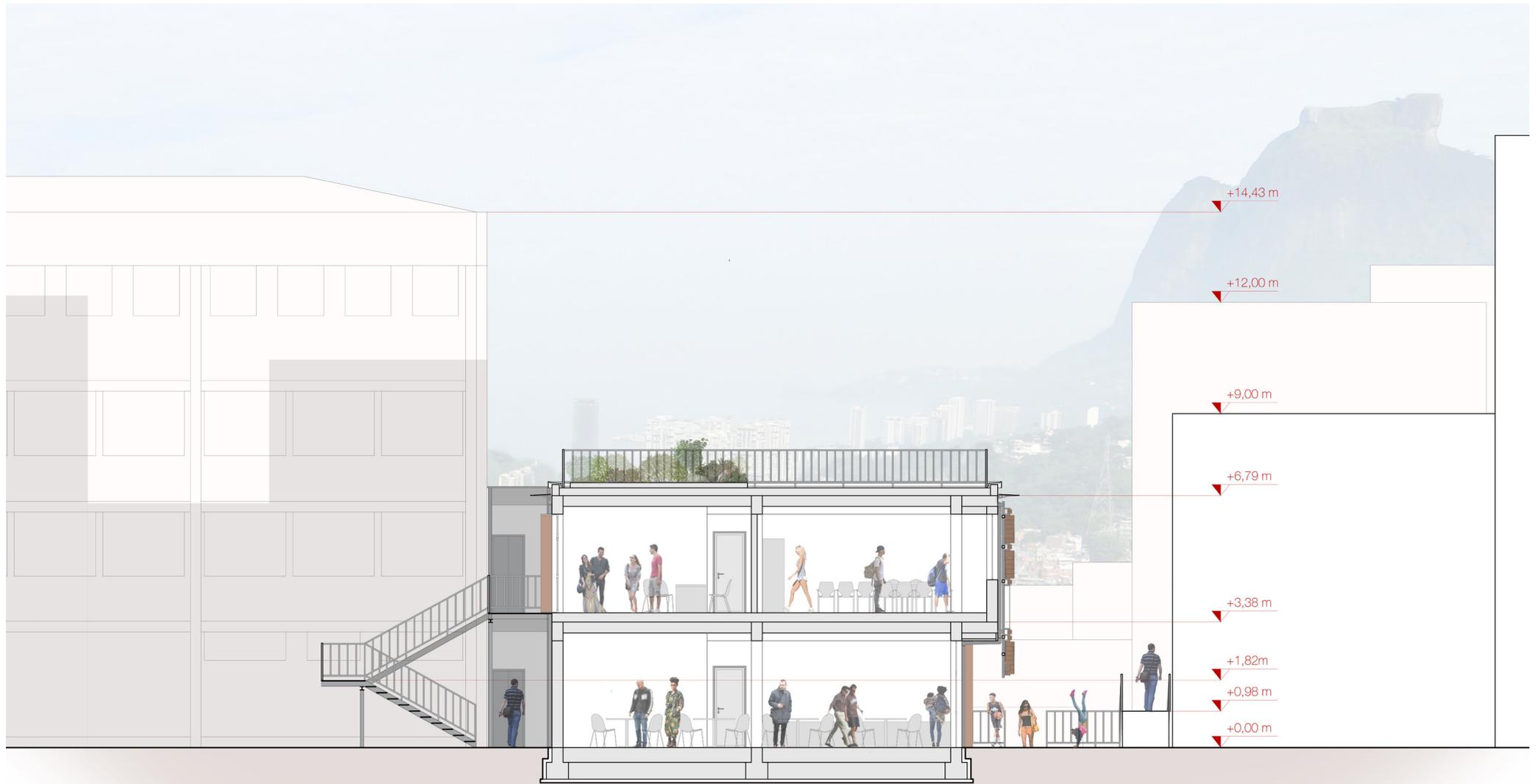


Figura 3.147 Sezione longitudinale D - D edificio 2



Figura 3.148 Render 1



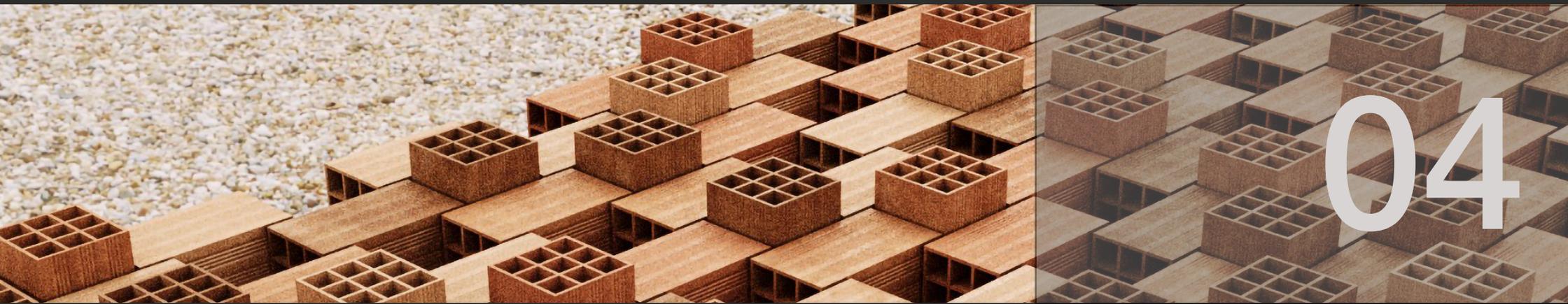
Figura 3.150 Render 3



Figura 3.149 Render 2



Figura 3.151 Render 4



PROGETTO TECNOLOGICO

4. Progetto tecnologico

L'adattamento dell'edificio al sito

4.1 Introduzione

L'approccio progettuale per raggiungere dei criteri di efficienza energetica è quello di minimizzarne l'uso. Il fabbisogno necessario può essere soddisfatto producendo o riciclando energia in modo da arrivare a coprire quasi interamente il fabbisogno dell'edificio, ciò potrà avvenire soltanto se si sfruttano al massimo le potenzialità del sito di progetto e si educa la popolazione al razionale utilizzo dell'energia.

Consumare meno energia anziché produrne maggiormente

Le giuste politiche devono prevedere di raggiungere un buon livello di comfort senza azioni ad alto impatto sul territorio. Ad esempio l'utilizzo del giusto materiale unito ad una adeguata ventilazione, illuminazione ed ori

entamento, possono influenzare sostanzialmente i livelli di comfort. Al fine di adottare le giuste strategie sono state condotte diverse analisi con software energetici e di illuminazione come (Sefaira, Velux daylight Visualizer), queste analisi sono unite a un buon design che prevede, oltre all'inserimento di funzioni adeguate alle esigenze della popolazione, un miglioramento del comfort legato più alla riduzione dell'elevata umidità che della temperatura.

Influenze ambientali

Come detto in precedenza con l'analisi IMM, anche una piccola modifica locale può condizionare l'intera favela. Un migliore equilibrio per quanto riguarda l'utilizzo del suolo può ridurre l'effetto isola di calore aumentando

Le caratteristiche formali dell'edificio saranno sviluppate considerando i limiti che il sito impone.

Produzione di energia

L'obiettivo è quello di generare più energia possibile, anche più di quella utilizzata in loco. Il grande potenziale che può essere utilizzato a Rocinha è il sole, la favela presenta infatti una delle quantità più promettenti di radiazione solare nel mondo, circa 1,7 MW/mq annui, con radiazioni normali dirette di 5,2 kWh/mq al giorno. Il progetto dovrà esplorare tutte le possibilità che il sito offre e sfruttarle per minimizzare il fabbisogno di energia.

Materiali utilizzati

La selezione dei materiali è una delle parti più importanti del design per un approccio sostenibile, fattibile e di alta qualità. Considerando il costo dell'acciaio in Brasile utilizzare una struttura in calcestruzzo è una decisione ragionevole, economica, durevole e facilmente gestibile dalle maestranze locali. Il calcestruzzo ha buone proprietà meccaniche e un buon comportamento termico per il clima caldo. I costi di trasporto rivestirebbero un ruolo cruciale in questa scelta, pertanto le tecniche costruttive e i materiali economici, che possono essere prodotti localmente, verrebbero privilegiati.

Studio dei volumi

Anche la forma dell'edificio ha un ruolo molto importante per garantire la migliore risposta in termini energetici, una volumetria energeticamente efficiente, massimizza la ventilazione, i guadagni solari e riduce le dispersioni termiche. Questo tipo di strategie saranno sviluppate considerando i limiti fisici propri che il sito di progetto impone.

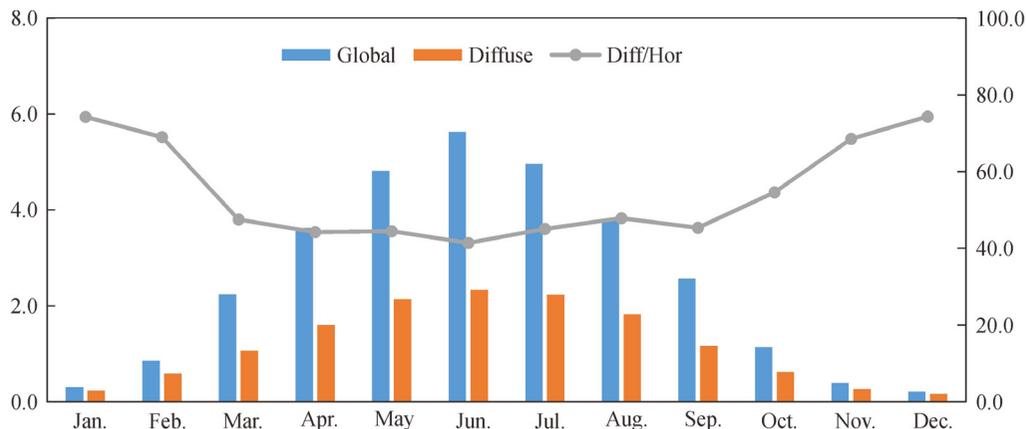


Figura 4.1 Radiazione solare

4.2 Ambiente

Le coordinate geografiche per Rio sono 22.9068 ° Sud e 43.1729 ° Ovest. Rio ha un clima tropicale, la temperatura annuale media di 23.2 ° C. Rio ha un clima tropicale (Aw) che confina strettamente con un clima monsonico tropicale (Am) secondo la classificazione climatica di Köppen, ed è spesso caratterizzato da lunghi periodi di forti piogge da dicembre a marzo. Nelle zone interne della città, le temperature superiori a 40 ° C sono comuni durante l'estate, anche se raramente per lunghi periodi, mentre le temperature massime sopra i 27 ° C possono verificarsi su base mensile. Gennaio è il mese più caldo dell'anno. La temperatura a Gennaio è di 26.1 ° C. Luglio è il mese più freddo, con una temperatura media di 20.6 ° C. In media ci sono 128 giorni all'anno con più di 0,1 mm di pioggia. Il clima più secco è in agosto quando si verificano in media 50,5 mm di precipitazioni. Il clima più piovoso è a dicembre quando si verifica una media di 169 mm di precipitazioni.

Nel grafico di cui sotto, come si può vedere, sono mostrati i dati di temperatura annuali che aiutano a comprendere le differenze di temperatura durante l'anno in base alla temperatura del bulbo umido (TWB) e alla temperatura a bulbo secco (TDB). Ad esempio, la temperatura intorno a 25 ° C si ha per circa 2500 ore all'anno in condizioni di bulbo umido.

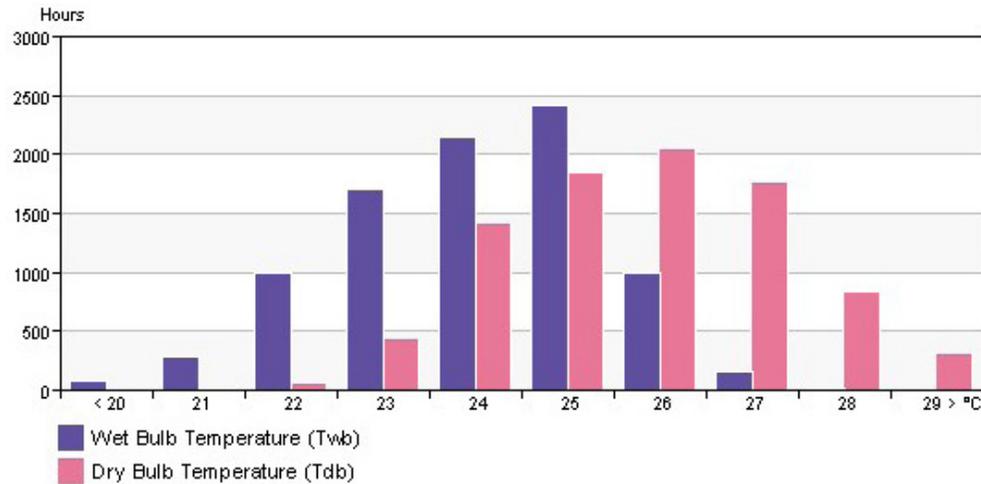


Figura 4.2 Grafici temperatura annuale

Nel grafico seguente l'intera informazione sulla temperatura incluso il bulbo secco riscaldamento, il bulbo secco raffreddamento e anche la media delle temperature si trovano in uno stesso grafico. Qui la temperatura media mensile minima e massima sono contraddistinte da un colore diverso e inoltre possiamo vedere la temperatura media di bulbo secco con colore giallo.

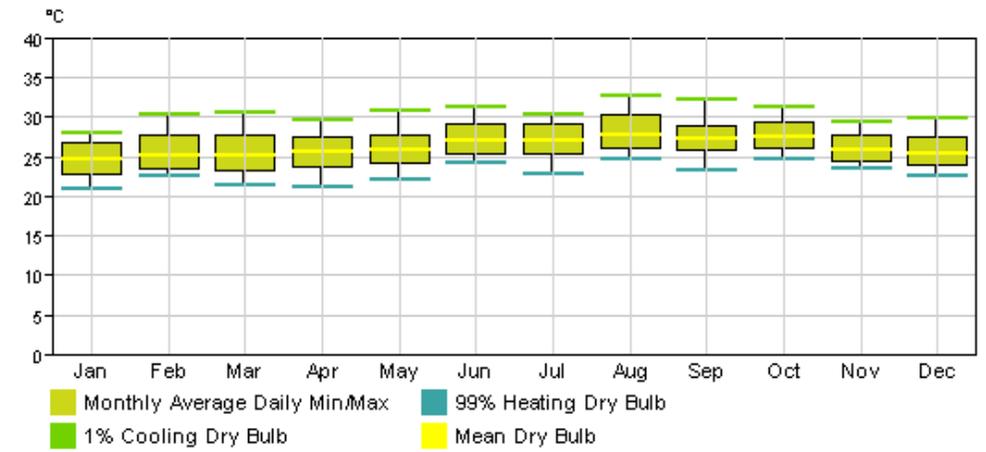


Figura 4.3 Temperature mensili di design

La tabella seguente mostra le medie meteorologiche diurne che parlano delle variazioni annuali di temperatura di bulbo umido e nella condizione di bulbo secco e allo stesso tempo mostra la quantità di radiazione solare diretta e radiazione solare diffusa in ogni mese nell'unità di W / m². Ad esempio, come può essere visto nel mese di agosto, abbiamo la più alta quantità di radiazione solare diretta (1050 W/mq) e di conseguenza avremo la più alta quantità di temperatura di bulbo secco (29°C). Allo stesso tempo possiamo vedere che c'è un enorme divario tra la temperatura di bulbo secco (29°) e la temperatura di bulbo umido (27°) in agosto. La radiazione solare diffusa è circa costante per tutto l'anno (100W/mq).

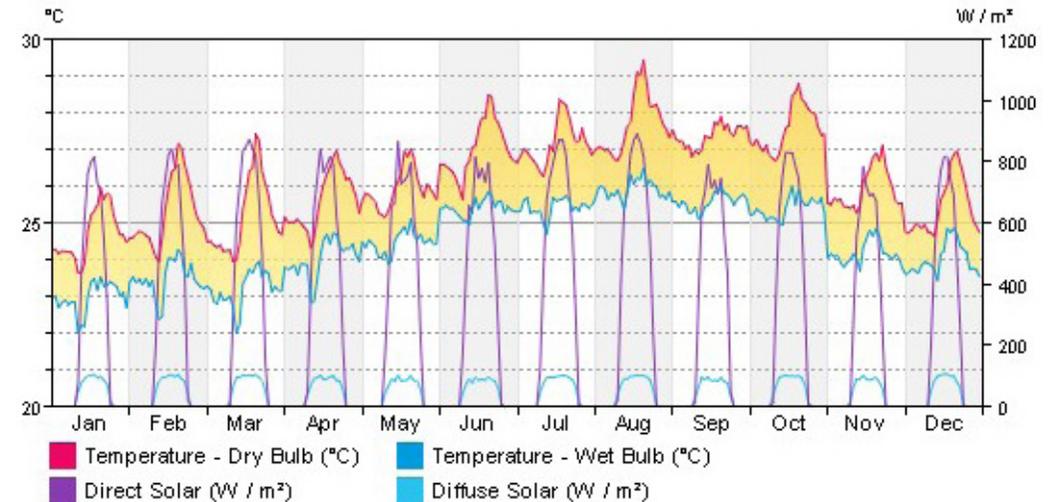


Figura 4.4 Valori meteorologici diurni

Il grafico seguente, che mostra l'umidità relativa che varia durante l'anno a Rocinha facendo la media tra mattina e pomeriggio. Sempre osservando il grafico si può comprendere che la quantità di umidità relativa varia tra l'85% e il 90%.

Sempre controllando questa percentuale, possiamo rilevare che il valore più basso dell'80% si ha a marzo e questo numero è ancora vicino all'umidità media annuale, la quantità di umidità relativa non influisce sulle condizioni di comfort dell'edificio. Questo fattore è il fattore importante che dovrebbe essere considerato soprattutto per gli impianti, al fine di scegliere il sistema più appropriato per il raffrescamento ed il riscaldamento.

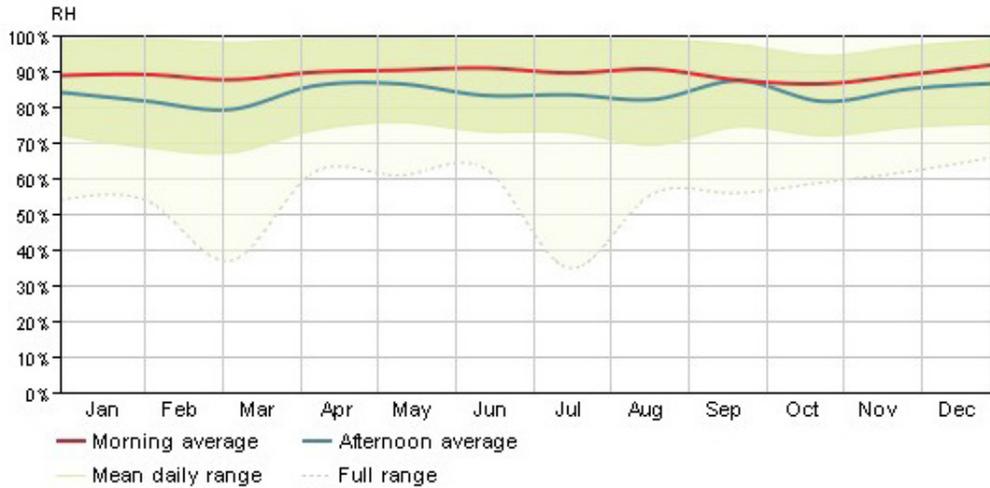


Figura 4.5 Valori di umidità relativa

Dei due grafici che seguono il primo è uno dei grafici più utili sulla rosa dei venti a Rocinha e mostra la rosa dei venti annuale per frequenza e distribuzione. Ciò significa che mostra la quantità di frequenza del vento per le diverse velocità e direzioni.

Ad esempio il blu scuro mostra la quantità che va da 1 a 55 ore all'anno che interessa il vento con velocità superiore a 27 Km/h. Il grafico mostra inoltre che la maggior parte della frequenza annuale del vento (+ 550 ore) presenta un colore blu chiaro e riguarda venti con velocità comprese tra i 18 Km/h ed i 27 Km/h. Questa quantità, che rappresenta la maggior parte della frequenza del vento rilevata annualmente, è quella che va considerata nei parametri di progetto perchè rappresenta il contributo più rilevante alla presenza della ventilazione naturale nel sito di progetto.

Il secondo grafico rappresenta invece le velocità raggiunte dal vento per ciascun mese di riferimento, possiamo vedere come nel mese di settembre vi siano ben 15 giorni con velocità del vento > 12 Km/h.

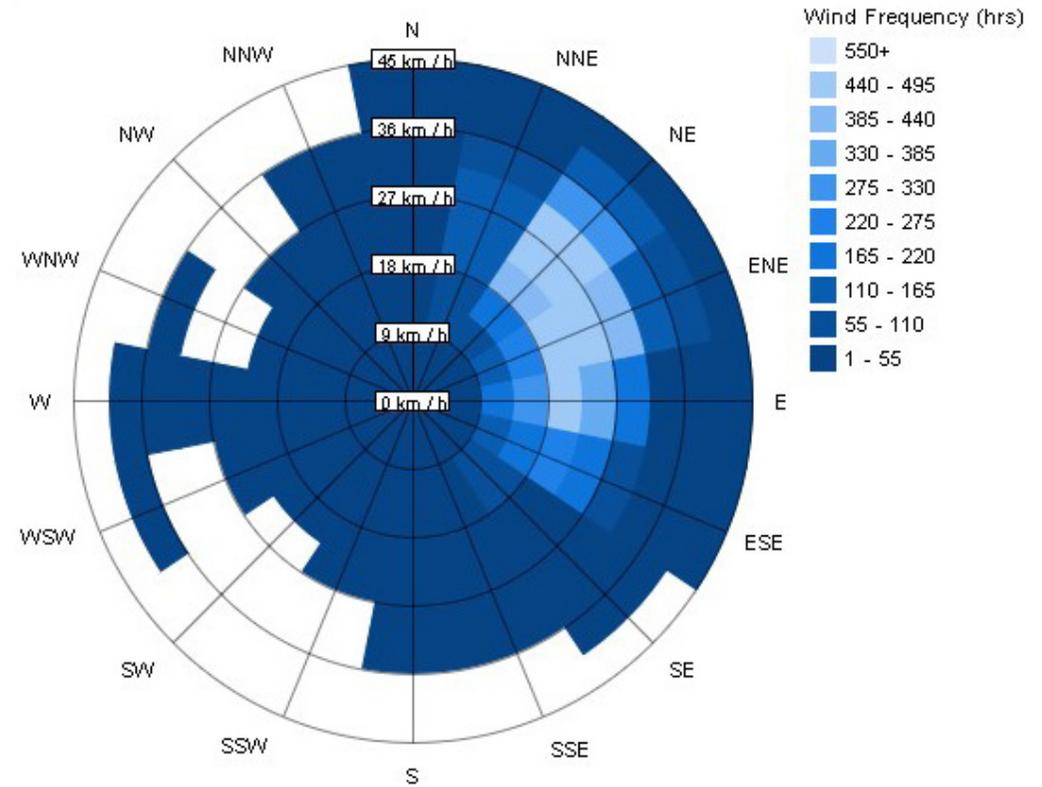


Figura 4.6 Rosa dei venti annuale (frequenza/distribuzione)

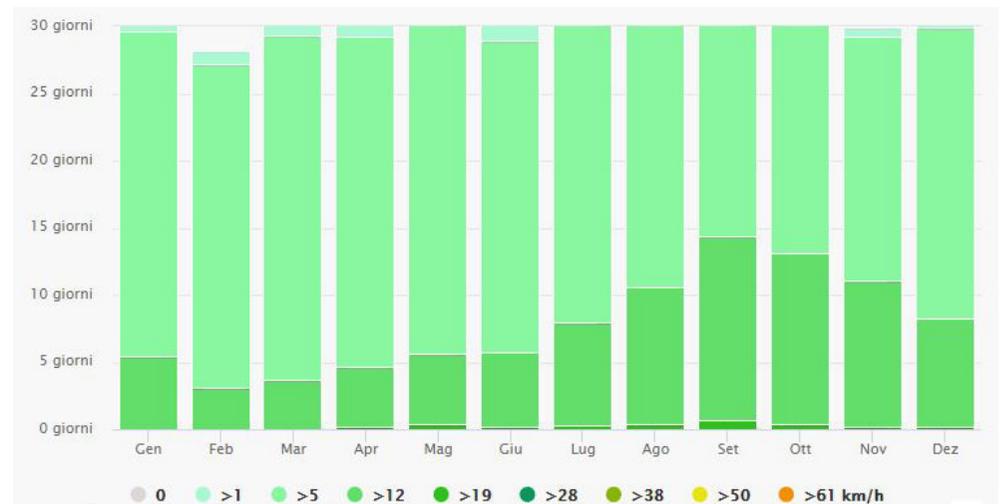


Figura 4.7 Velocità raggiunte dal vento nel mese considerato

Nel grafico di cui sotto compare ancora il vento, la direzione e la velocità ma da un altro aspetto. In questo grafico nuovamente possiamo vedere che lo studio si basa sulla velocità del vento e sulla direzione dello stesso durante l'anno. Come possiamo vedere dal grafico il vento ad alta velocità (blu scuro) soffia prevalentemente nell'intervallo Nord-Nord-Est, Sud-Sud-Est. La direzione preferibile ai fini della ventilazione naturale utile per l'area di intervento è Sud-Est, Nord-Ovest. Si può inoltre rilevare la velocità in Km/h ed il tempo percentuale.

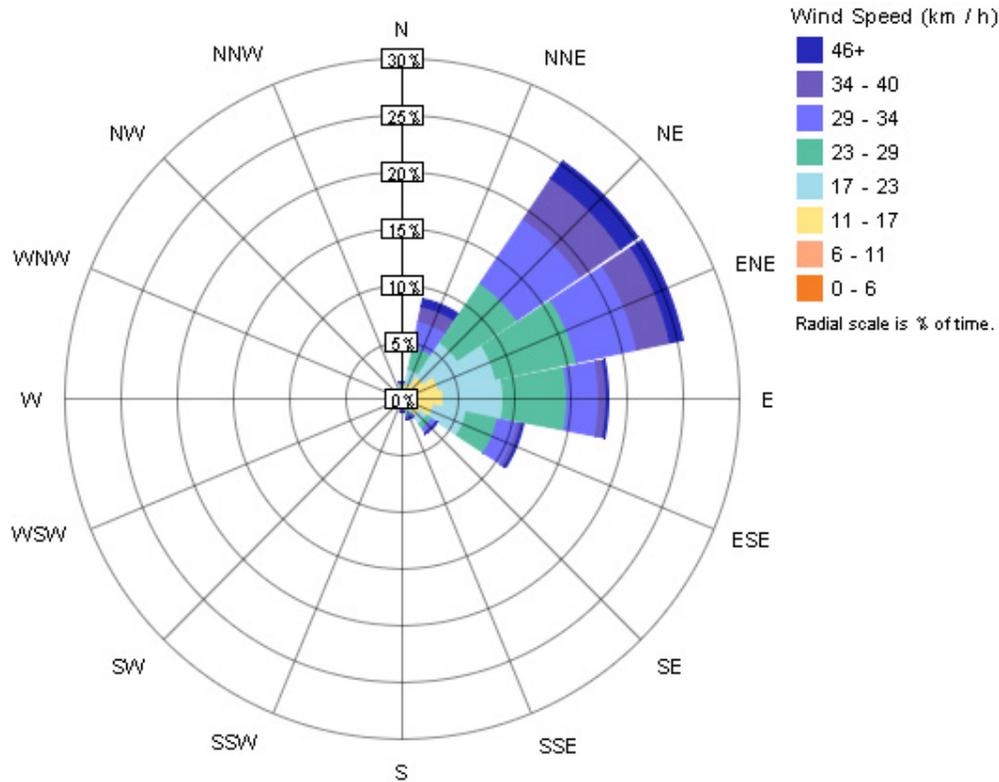


Figura 4.8 Rosa annuale dei venti (velocità del vento)

Il seguente grafico rappresenta il dettaglio della rosa dei venti annuale e mostra la rosa dei venti mensile per Rocinha. Questi grafici sono utili in fase di progettazione perchè, considerando ogni mese separatamente, permettono di raggiungere una decisione progettuale più accurata e scegliere la migliore strategia per l'utilizzo della ventilazione naturale sia per il raffreddamento che per l'aria condizionata durante l'anno.

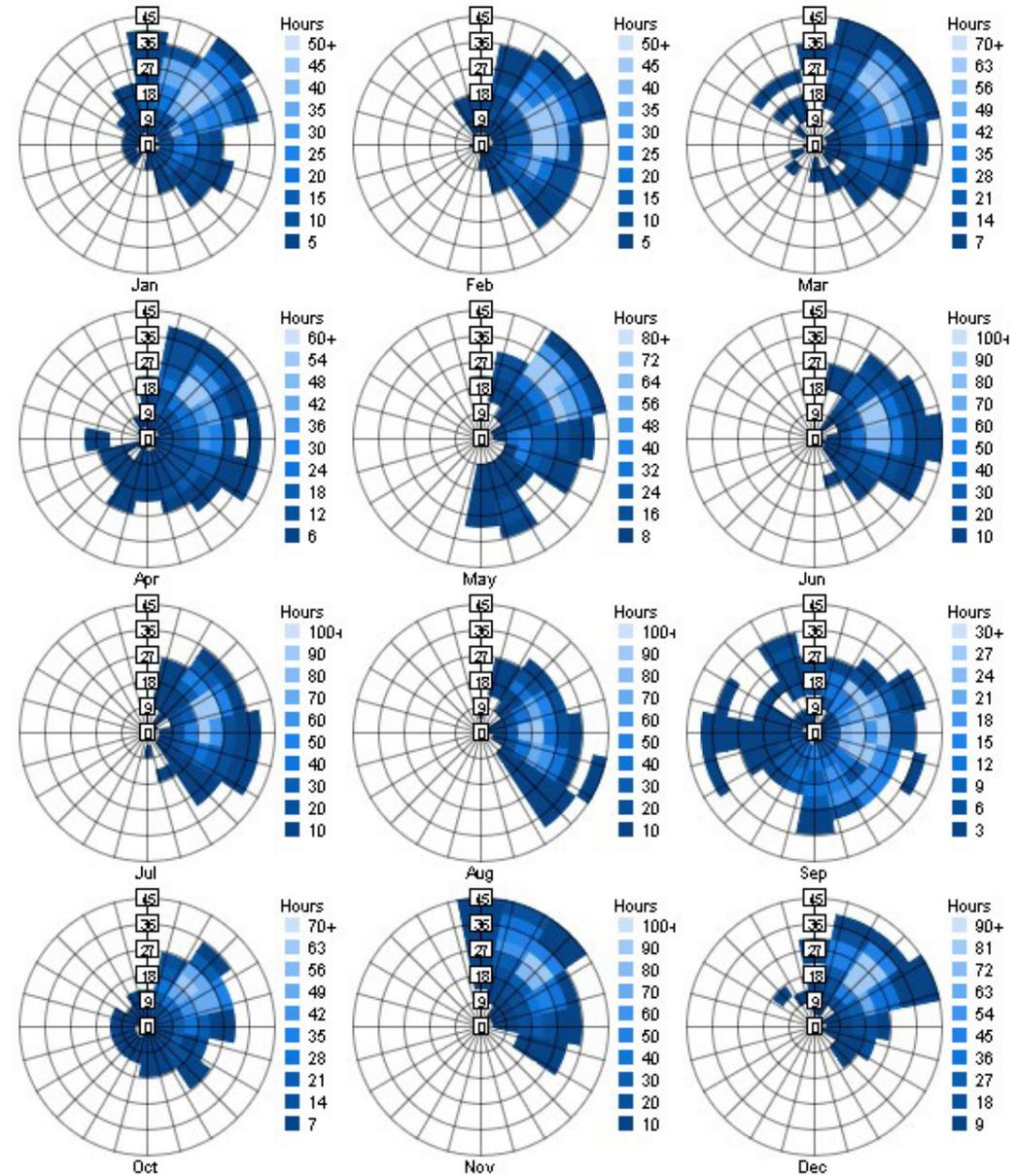


Figura 4.9 Rosa annuale dei venti mensile

4.2.1 Diagramma psicrometrico

Dal punto di vista del comfort andiamo a rappresentare il diagramma psicrometrico per Rio de Janeiro dove si ha la possibilità di individuare tutte le grandezze termoigrometriche:

- Temperatura a bulbo secco;
- Umidità specifica;
- Umidità relativa;
- Temperatura a bulbo umido;
- Temperatura di rugiada.

Per una chiara comprensione dell'uso del diagramma è quindi necessario conoscere alcuni concetti legati alle grandezze indicate.

Temperatura a bulbo secco T_{bs} (°C)

È la temperatura misurata da un comune termometro a bulbo. La misura di tale temperatura è assolutamente indipendente dall'umidità relativa (U.R.) dell'aria; sul diagramma psicrometrico la scala delle temperature a bulbo secco è indicata sull'asse orizzontale.

Umidità specifica (g/Kg)

Come è stato detto, l'aria che ci circonda è una miscela di aria secca e vapore d'acqua; ebbene, l'umidità specifica indica quanti grammi di vapore acqueo sono presenti in ogni kg di aria secca. Sul diagramma psicrometrico l'umidità specifica è indicata sull'asse verticale posto sul lato destro.

Umidità relativa (%)

La quantità di vapore acqueo che può essere contenuto in un kg di aria secca non è illimitata: oltre una certa quantità il vapore aggiunto condensa sotto forma di minute goccioline (effetto nebbia). L'umidità relativa non è altro che la percentuale di vapore contenuto nell'aria in rapporto alla massima quantità in essa contenibile alla data temperatura.

Temperatura a bulbo umido T_{bu} (°C)

Se misuriamo la temperatura dell'aria ambiente umida facendo uso di un comune termometro il cui bulbo viene tenuto avvolto in una garza imbevuta d'acqua. Quando il bulbo viene investito dalla corrente d'aria, parte dell'acqua contenuta nella garza evapora sottraendo calore al mercurio del termometro: l'indicazione del termometro sarà quindi più bassa rispetto a quella che darebbe lo stesso termometro a bulbo asciutto. La T_{bu} è la temperatura dell'aria ambiente misurata dal termometro il cui bulbo è mantenuto umido dall'acqua della garza.

Temperatura di rugiada (°C)

La temperatura di rugiada è la temperatura alla quale l'aria raggiunge le condizioni di saturazione (U.R.=100%): su ogni elemento (parete, superficie vetrata ecc...) che si trova ad una temperatura appena inferiore alla temperatura di rugiada si forma condensa (rugiada).

Il metodo si basa sul cosiddetto "diagramma di Givoni". Si tratta di una rappresentazione in cui vengono definite le condizioni di comfort termoigrometrico di un ambiente interno direttamente sul diagramma psicrometrico dell'aria umida; tali condizioni sono state definite in modo semi-empirico, basandosi sui feed-back forniti da una numerosissima popolazione, omogenea dal punto di vista culturale e da quello delle aspettative bioclimatiche.

Il diagramma bioclimatico di Givoni, ci permette di verificare quali sono le strategie più efficaci per garantire all'interno degli edifici un livello di temperatura e umidità compatibile con l'attività

prevista. Il suddetto diagramma applicato per la città di Rio de Janeiro, per un periodo di occupazione totale, ci permette di osservare la seguente ripartizione di ore di comfort: 15% freddo, 20% comfort, 65% caldo.

Possiamo vedere come il campo contrassegnato dal numero 1, sia quello benessere termoigrometrico. Questo campo è suddiviso in due parti, la parte di sinistra è relativa al comfort invernale e quella di destra al comfort estivo. I puntini rossi rappresentano la frequenza cumulativa dei valori della temperatura ambiente e dell'umidità relativa dell'aria misurati all'interno dell'ambiente oggetto dell'analisi.

In estate, vediamo come l'umidità relativa rimane al di sopra del livello di comfort, fissandosi intorno all'80-90%. I problemi principali per raggiungere il comfort sono l'umidità e le alte temperature. L'azione principale che può essere eseguita è la ventilazione (campo 2), fornire l'ombreggiamento (campo 7) e per una piccola parte l'aria condizionata (campo 5).

In inverno i valori di temperatura sono vicini alla zona di comfort, invece l'umidità relativa rimane al di sopra del livello di comfort all'80%-90%, pertanto in inverno è necessaria ventilazione, ombreggiamento ma non è necessaria l'aria condizionata.¹

¹ <https://www.bottegaenergia.com/comfort-termoigrometrico.html>

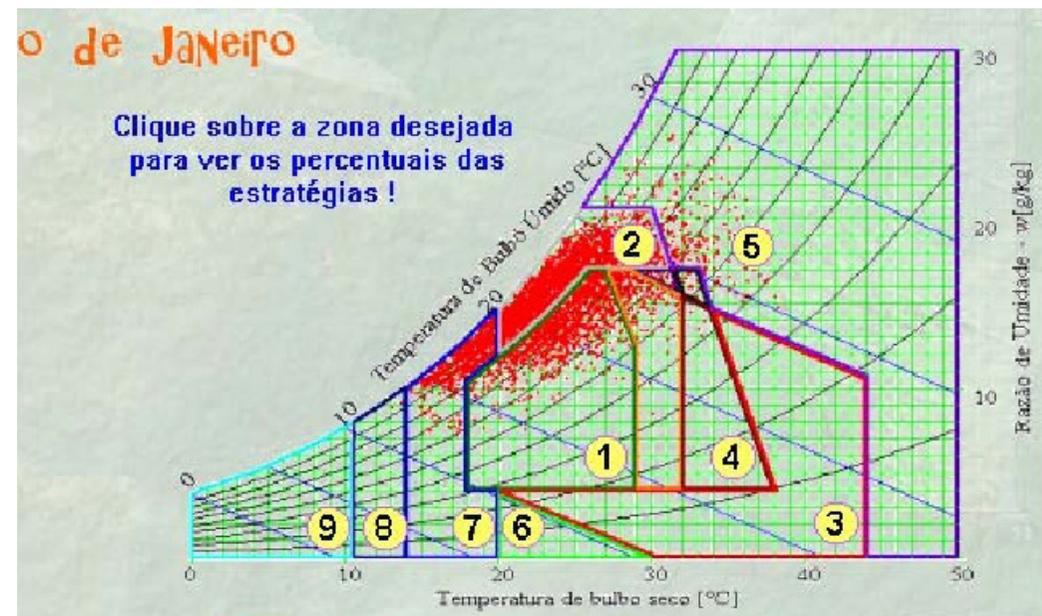


Figura 4.10 Diagramma psicrometrico di Rio de Janeiro con varie zone di comfort termo-igrometrico

4.3 Sunpath and shadow analysis per Rocinha

Il lavoro condotto sugli ombreggiamenti che interessano Rocinha ha permesso di analizzare la variazione delle ombre nel tempo. Il risultato finale di questa analisi è una mappa che mostra le aree dove si hanno le ombre proiettate su un piano orizzontale, che rappresenta il terreno, nel tempo.

Conosciamo l'importanza del sole nei processi progettuali e come influenza i livelli di comfort all'interno degli edifici. Questa analisi è importante per molti scopi: per la progettazione degli edifici di progetto in termini formali e dimensionali e per i rispettivi spazi aperti di pertinenza, per la determinazione degli orientamenti, scelta e disposizione delle ombreggiature, studio del comfort interno degli spazi di progetto, per il daylighting analysis che misura il livello di comfort luminoso all'interno degli spazi.

L'analisi viene eseguita per diverse ore del giorno riferite ai giorni del solstizio d'inverno e d'estate (intorno al 21 giugno e al 22 dicembre). Il solstizio è il momento in cui il sole raggiunge, nel suo moto apparente lungo l'eclittica, il punto di declinazione massima o minima. Questo significa che i solstizi di estate e di inverno rappresentano rispettivamente il giorno più lungo e più corto dell'anno

Durante il solstizio d'estate per l'emisfero australe, il 22 dicembre, il Sole raggiunge l'altezza massima possibile sull'orizzonte per quella latitudine, mentre in quello di giugno raggiunge l'altezza minima. Al mattino, il sole sorgerà a Nord-Est, attraverserà il meridiano a Sud verso mezzogiorno e arriverà a Nord-Ovest. La massima latitudine del sole si verificherà a mezzogiorno. Dopo il solstizio d'estate, ogni giorno il percorso del sole si abbassa fino al giorno in cui il numero di ore di luce e di buio è esattamente di 12 ore,

questo sarà l'equinozio che si verifica due volte l'anno, il 20 marzo d'autunno e il 21 settembre di primavera (mostrato dalla linea viola). In questi due giorni il sole sorgerà esattamente a Est e tramonterà esattamente a Ovest. Durante il solstizio d'inverno, il 20 giugno per l'emisfero australe, il sole sarà nel suo punto più basso del cielo, partendo da questo giorno, si alzerà progressivamente fino a raggiungere la posizione più alta in corrispondenza del solstizio d'estate.

Come risultati dell'analisi condotta è possibile evidenziare che, durante il solstizio d'inverno,

i corpi rocciosi che circondano Rocinha non provocano ombreggiamenti nell'aggregato urbano con eccezione della mattina presto e del tardo pomeriggio.

In estate gli ombreggiamenti interessano solo la mattina ma senza coinvolgere l'area di progetto. Questi risultati sono molto interessanti in quanto orientano le scelte progettuali, il numero elevato di ore interessate da radiazioni dirette, non interrotte dalla presenza delle montagne circostanti la favela, consente di intuire come sia ragionevole pensare ad un design architettonico con notevole presenza

di corpi ombreggianti che possano comportarsi da efficaci schermi solari riducendo il surriscaldamento degli spazi di progetto, specialmente per le facciate esposte a Nord.

Uno studio più mirato e specifico, riguardante gli ombreggiamenti, ha interessato la nostra area, riguardando le relazioni che l'edificio di progetto ha, con gli edifici circostanti, gli ombreggiamenti portati da quest'ultimi e quelli derivanti dalla particolare morfologia del terreno.

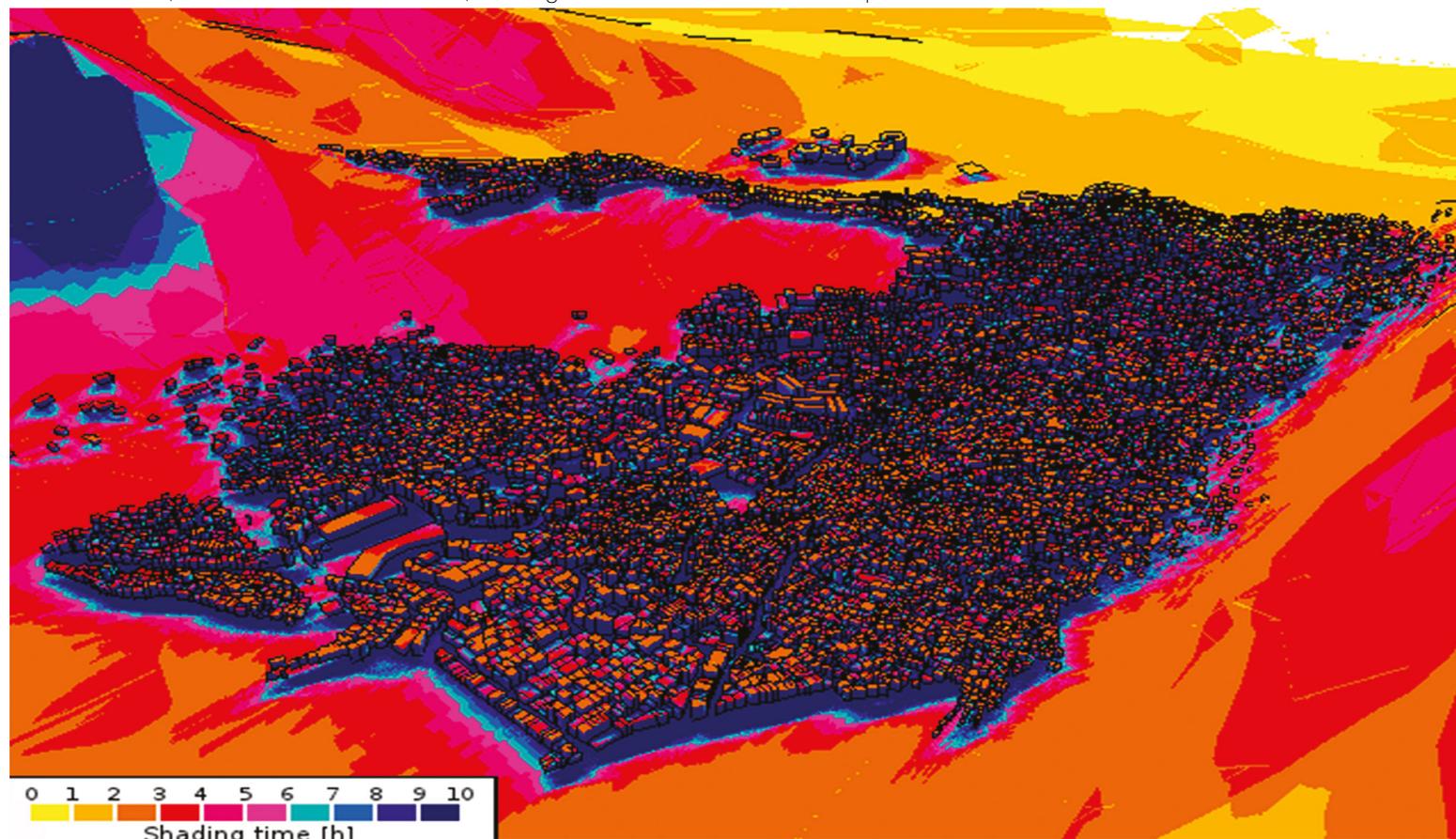


Figura 4.11 Shadow analysis annuale di Rocinha



Figura 4.12 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 10



Figura 4.14 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 12



Figura 4.13 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 16



Figura 4.15 Solstizio d'inverno _ 21 giugno _ ore 18



Figura 4.16 Solstizio d'inverno _21 giugno _ ore 18



Figura 4.18 Solstizio d'inverno _21 giugno _ intervallo ore 10/ore 18



Figura 4.17 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 10



Figura 4.19 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 12



Figura 4.20 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 14



Figura 4.22 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 16



Figura 4.21 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ ore 18



Figura 4.23 Solstizio d'estate _ 21 dicembre _ intervallo ore 10/ore 18

4.4 Shadow analysis: area di intervento

Il masterplan di progetto è stato realizzato tenendo conto, come forzanti principali, la morfologia del terreno, lo spazio disponibile, le distanze minime dagli edifici circostanti, le proporzioni umane e le esigenze di spazio che ciascuna funzione scelta, richiede.

Successivamente è stata effettuata un'analisi per valutare come le ombre degli edifici circostanti l'area di progetto, si proiettano sul sedime di intervento e sugli edifici che sorgeranno, ciò ha permesso di analizzare l'interazione tra essi e capire come le nuove opere impattano sul contesto circostante.

Lo studio è stato condotto sia in estate che in inverno, così da poter avere la proiezione delle ombre sia nella situazione di alta esposizione al sole, sia nella condizione di minore esposizione. Gli obiettivi di progetto riguardano la minimizzazione del surriscaldamento riducendo anche il fenomeno dell'isola di calore che interessa gli aggregati urbani compatti come Rocinha, ciò può essere realizzato mediante l'inverdimento dell'area, il giusto orientamento e l'utilizzo di adeguati materiali e soluzioni tecnologiche (tetti verdi).

A seguito delle analisi condotte sono state apportate delle modifiche migliorative cercando di ridurre la quantità di luce diretta che colpisce gli spazi aperti progettati e abbassare la quantità di superfici delle facciate colpite dal soleggiamento diretto nel periodo invernale e cercando di ottenere un ombreggiatura sufficiente a garantire livelli di comfort adeguati durante l'estate.

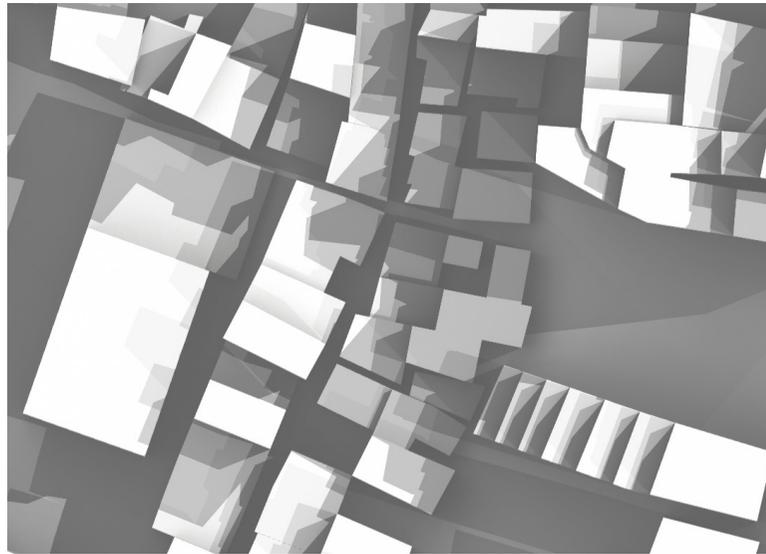


Figura 4.24 Shadow Analysis pre-intervento _ giugno_ intervallo ore 09/ ore 15

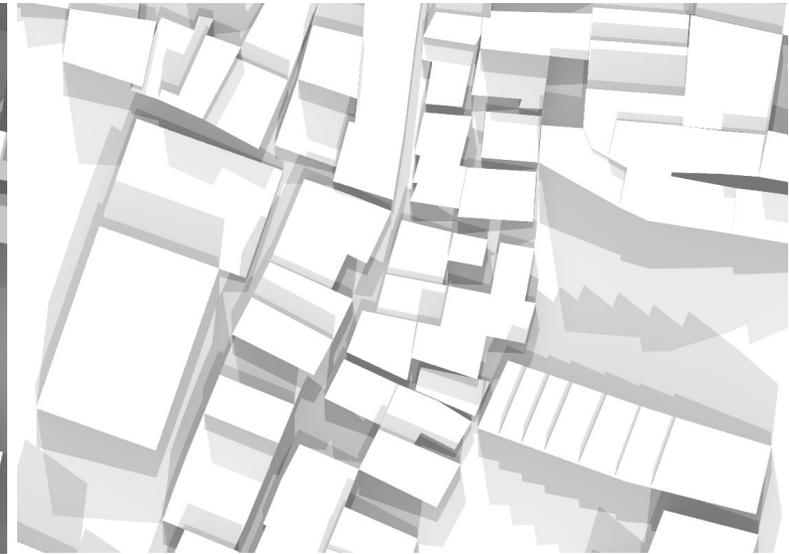


Figura 4.25 Shadow Analysis pre-intervento _ dicembre_ intervallo ore 09/ ore 15

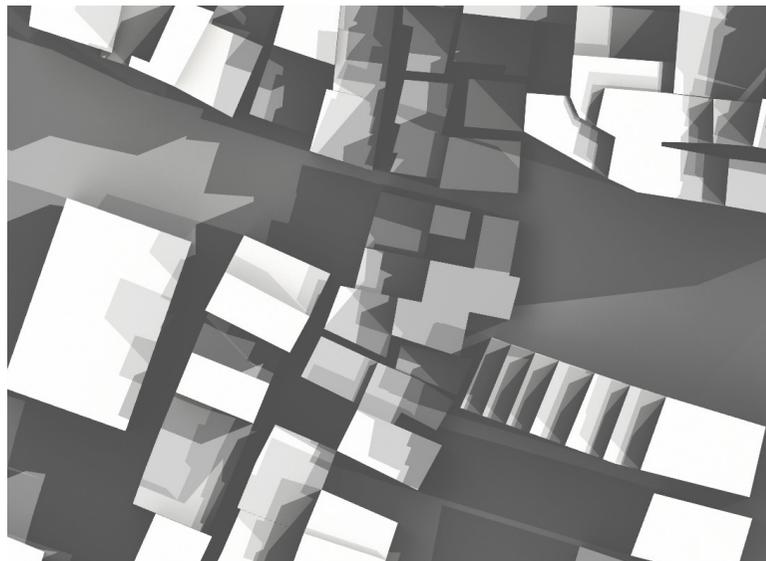


Figura 4.26 Shadow Analysis post-intervento _ giugno_ intervallo ore 09/ ore 15

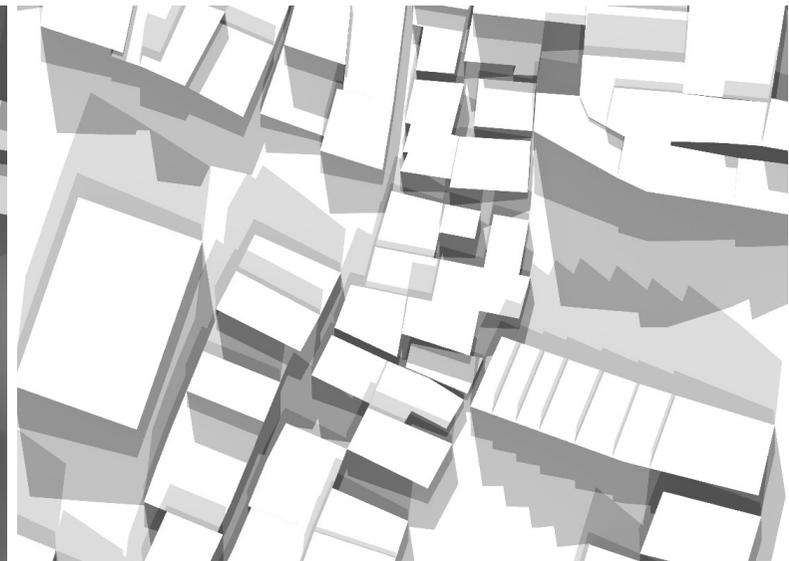


Figura 4.27 Shadow Analysis post-intervento- dicembre_ intervallo ore 09/ ore 15

4.5 Sunpath analysis: percorso solare

La Sunpath analysis di cui a fianco, è stata effettuata nella durata temporale delle 4 stagioni relative all'emisfero australe:

- 21 dicembre - 20 marzo estate;
- 21 marzo - 20 giugno autunno;
- 21 giugno - 20 settembre inverno;
- 21 settembre - 20 dicembre primavera.

L'analisi mostra i cambiamenti del sole mentre la Terra ruota orbitando intorno ad esso. La posizione relativa del sole è un fattore importante nell'aumento del calore in ingresso negli edifici, influenza il comfort degli utenti in maniera decisiva e può ridurre l'efficienza degli impianti.

La conoscenza precisa della localizzazione del sole e delle condizioni climatiche è essenziale per decidere l'orientamento degli edifici, la collocazione del verde per le superfici ad esso destinate, la predisposizione di idonei sistemi di ombreggiamento degli edifici a protezione delle facciate, il migliore posizionamento degli impianti di raffreddamento che permetta di massimizzare l'efficienza e ridurre il costo.

Fin dall'inizio, queste analisi hanno orientato le scelte progettuali verso il design più rispondente alle esigenze di adeguata illuminazione e protezione dal soleggiamento diretto, attenendosi sempre ai requisiti funzionali degli edifici di progetto.

Questa analisi unita alle precedenti, di natura meteorologica, ci ha aiutato a mantenere un approccio sapiente nella definizione del design dell'edificio, scegliendo la configurazione energeticamente più efficiente e confortevole per gli utenti.

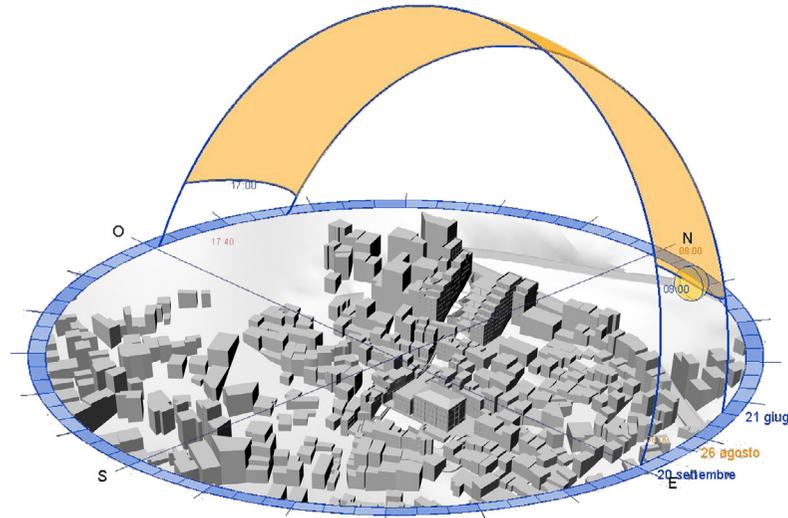


Figura 4.28 Sunpath analysis periodo invernale 21 giugno-20 settembre, giorno 26 agosto, ore 08

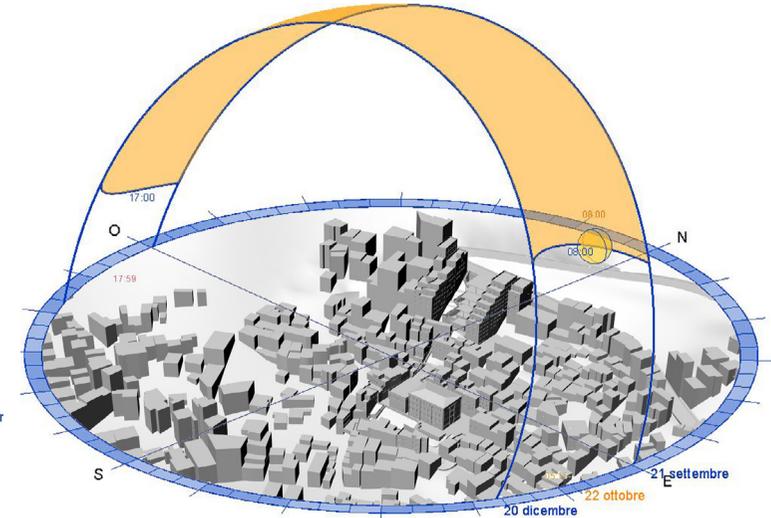


Figura 4.29 Sunpath analysis periodo primaverile 21 settembre-20 dicembre, giorno 22 ottobre, ore 08

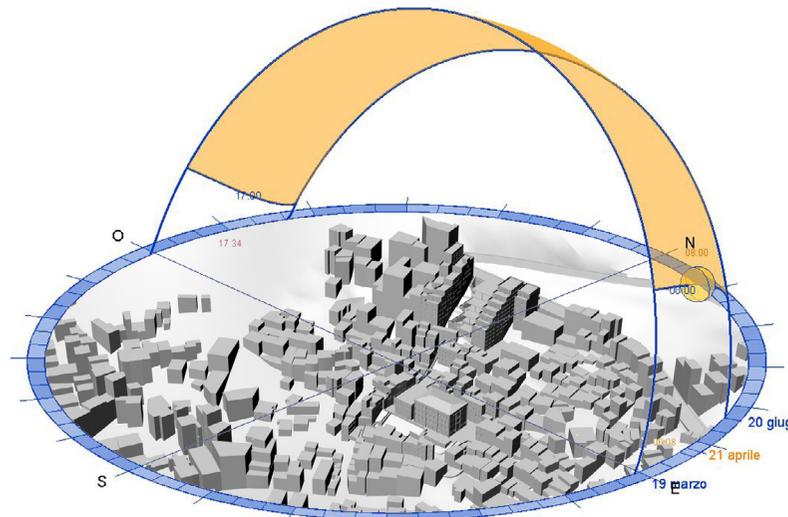


Figura 4.30 Sunpath analysis periodo autunnale 19 marzo-20 giugno, giorno 21 aprile, ore 08

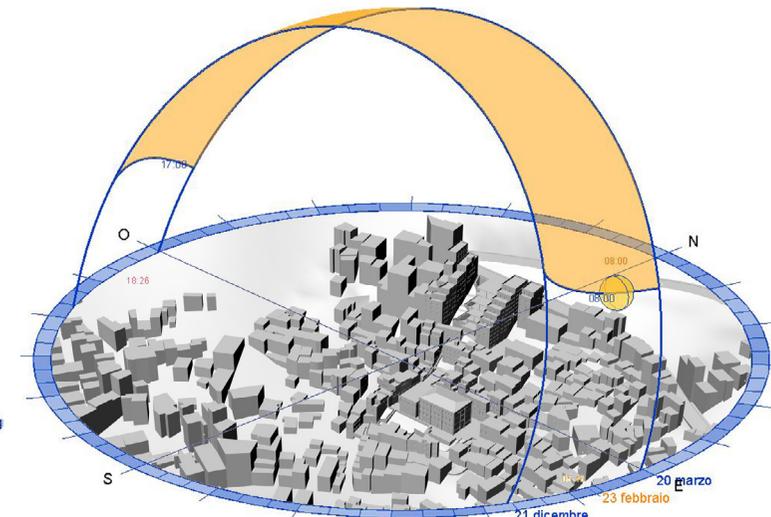


Figura 4.31 Sunpath analysis periodo estivo 21 dicembre-20 marzo, giorno 23 febbraio, ore 08

4.6 Soluzioni tecnologiche

Per fare sì che il progetto possa soddisfare al meglio le esigenze degli utenti è necessario garantire un buon livello di comfort e un controllo della qualità degli ambienti. Questo compito è svolto dall'involucro dell'edificio ed una sua attenta progettazione permette il controllo dei consumi energetici.

Trasmittanza termica

Il parametro principale per la definizione dell'isolamento termico di un componente edilizio è la trasmittanza termica U . Questa è una grandezza fisica che misura la quantità di calore scambiato da un materiale per unità di superficie e unità di temperatura. Nel S.I. si misura in W/m^2K . Dato un fenomeno di trasmissione di calore in condizioni di regime stazionario (in cui il flusso di calore e le temperature non variano nel tempo) la trasmittanza misura la quantità di calore che nell'unità di tempo attraversa un elemento di superficie di $1 m^2$ in presenza di una differenza di $1 K$ tra l'interno e l'esterno.

Il calcolo della trasmittanza è contenuto nella UNI 6949 a partire dal valore di resistenza termica dell'elemento analizzato.

$$U=1/((1/h_i)+(1/h_e)+(s/k))$$

Dove:

- h_i e h_e [W/m^2K] sono i coefficienti di adduzione interna ed esterna;
- s [m] lo spessore del materiale;
- k [W/mK] la conducibilità termica interna del materiale.

Il valore della trasmittanza è inversamente proporzionale alla capacità di isolamento del materiale, il reciproco della trasmittanza per la superficie di conduzione è la resistenza termica, ovvero la capacità di un materiale di opporsi al passaggio del calore:

$$R=1/(U*s)$$

Conducibilità termica

La conducibilità termica o conduttività termica è il rapporto, in condizioni stazionarie, tra il flusso di calore e il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore. In altri termini, la conducibilità termica è una misura dell'attitudine di una sostanza a trasmettere il calore. Essa dipende solo dalla natura del materiale, non dalla sua forma. La conducibilità termica è misurata in watt su metro kelvin (W/mK).

Permeabilità al vapore

In considerazione delle prestazioni igrotermiche si è fatto riferimento alla norma UNI EN ISO 13788:2003 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per l'edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale

- metodi di calcolo".

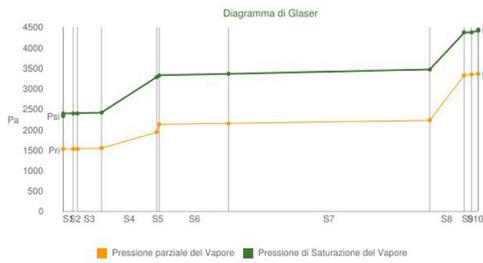
Il problema della condensazione del vapore d'acqua, superficiale o interstiziale, rappresenta un rischio sotto un duplice aspetto, quello legato alla conservazione delle strutture quello legato alla salubrità degli ambienti. La necessità di contenere dispersioni termiche ha favorito l'adozione di serramenti dotati di un'ottima tenuta all'aria che, in assenza di ventilazione meccanica, però comportato una sensibile riduzione della ventilazione naturale con conseguente ulteriore aggravio del problema causato dall'aumento dell'umidità presente nell'aria ambiente.

La condensazione del vapore d'acqua si verifica quando la pressione parziale dello stesso raggiunge la pressione di saturazione, quest'ultima funzione della temperatura (temperatura di rugiada). Il parametro fondamentale per eseguire la verifica è, quindi, la permeabilità al vapore, ovvero un coefficiente che rappresenta la quantità di vapore che passa in unità di tempo attraverso un materiale di spessore unitario, i valori della resistenza al flusso di vapore si trovano espressi in forma adimensionale attraverso il parametro μ . Il flusso di vapore ha luogo quando si crea un differenziale di pressione, il verso del flusso va dagli ambienti più caldi a quelli più freddi, e si verifica generalmente dall'interno verso l'esterno degli ambienti sia nei mesi estivi che invernali.

Per la valutazione del rischio di condensa si è risolto il problema ricorrendo al diagramma di Glaser, tale diagramma rappresenta la temperatura interna e la relativa pressione di saturazione; confrontando questi ultimi con i valori delle pressioni parziali si è in grado di stabilire la possibilità di rischi di condensazione. Per i pacchetti tecnologici impiegati nessuna delle chiusure, per le quali lo strato isolante era stato posizionato esternamente, presenta condensa, tuttavia è presente durante alcuni mesi dell'anno nei muri controterra e in alcuni solai di interpiano, la formazione di condensa, per ovviare a tale inconveniente si provvede quindi al posizionamento di un ulteriore strato isolante interno.

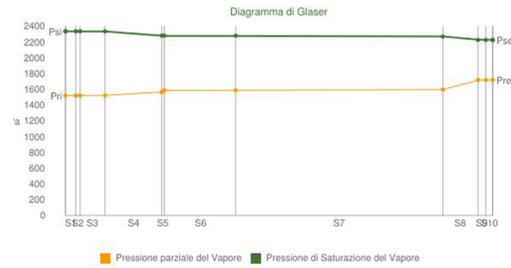
4.6.1 Le tecnologie utilizzate

Le soluzioni tecnologiche impiegate, come detto, prevedono l'utilizzo di calcestruzzo armato gettato in opera per le parti strutturali e controterra, con l'utilizzo di diverse tipologie di materiali tradizionali come i mattoni forati, disposti ortogonalmente tra loro, per le chiusure cobogó dell'edificio 3, i mattoni pieni, per l'oscuramento dell'edificio 2, i blocchi di plastica riciclata Replast, ottenuti dal recupero e riuso dei rifiuti plastici prodotti all'interno della favela, per i muri perimetrali fuoriterza degli edifici 2 e 3. Nel seguito si presentano le diverse stratigrafie utilizzate, si espongono gli abachi ed i nodi delle varie soluzioni adottate, con le schede di dettaglio dove, per ogni soluzione stratigrafica, si descrivono gli strati presenti, il relativo spessore, la conduttività termica, la permeabilità al vapore, il peso specifico, il calore specifico, riportando la trasmittanza termica del pacchetto e il relativo diagramma di Glaser che verifica l'assenza di formazione di condensa interstiziale.



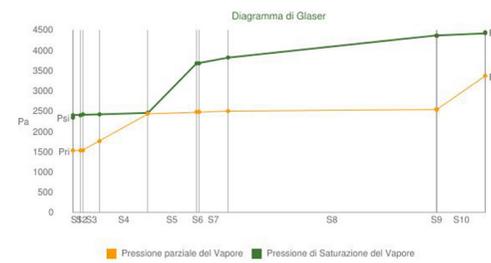
Trasmittanza (W/m2K): 0,265 **T interna (°C):24.0**
Massa superficiale (Kg/m2):1023 **T esterna (°C):30.8**
Resistenza termica (m2K/W):3767 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):75.7

Figura 4.32 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



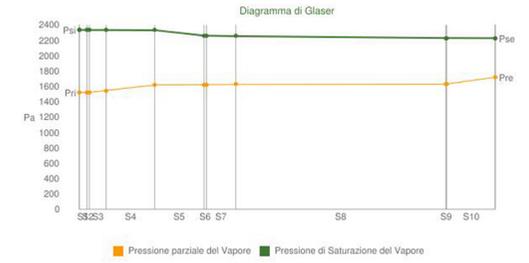
Trasmittanza (W/m2K): 0,265 **T interna (°C):19.0**
Massa superficiale (Kg/m2):1023 **T esterna (°C):19.2**
Resistenza termica (m2K/W):3767 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):77.2

Figura 4.33 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)



Trasmittanza (W/m2K): 0,28 **T interna (°C):24.0**
Massa superficiale (Kg/m2):580 **T esterna (°C):30.8**
Resistenza termica (m2K/W):3566 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):75,7

Figura 4.35 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



Trasmittanza (W/m2K): 0,28 **T interna (°C):19.0**
Massa superficiale (Kg/m2):580 **T esterna (°C):19.2**
Resistenza termica (m2K/W):3566 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):77.2

Figura 4.36 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)

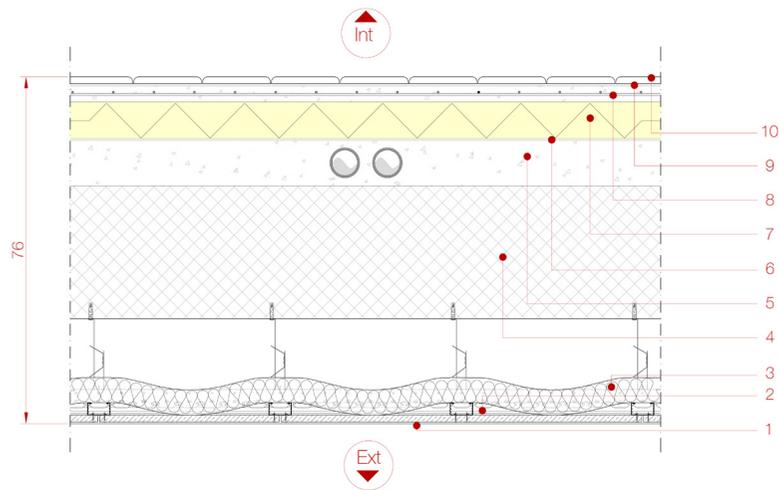


Figura 4.34 Stratigrafia C.O. 01 Sezione verticale

n°	C.O.01 Stratigrafia solaio su spazi aperti	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Rasatura	0,4	0,83	1200	1	20
2	Controsoffitto a orditura metallica doppia con profilo a scatto, griglia di chiusura in acciaio zincato e lastra in Aquapanel fibrorinforzata	1,2	0,35	1150	1,3	66
3	Isolamento termoacustico in lana di legno	5	0,036	40	1,8	1,1
4	Struttura portante in cls armato	29	1,6	2400	1,6	100
5	Massetto in cls per passaggio impianti	10	1,4	2000	1	80
6	Isolamento acustico in fibra di cocco contro il rumore da calpestio	0,4	0,05	90	2	0,5
7	Isolamento termico rigido in fibra di legno	8	0,045	220	2	5
8	Massetto in cls per ripartizione dei carichi con rete elettrosaldata	3,5	1,4	2000	1	80
9	Strato di malta per posa pavimentazione con rete elettrosaldata	0,5	0,67	1800	1	20
10	Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)	1,5	1	55 Kg/m2	-	-

Tabella 4.1 Stratigrafia C.O. 01 Sezione verticale

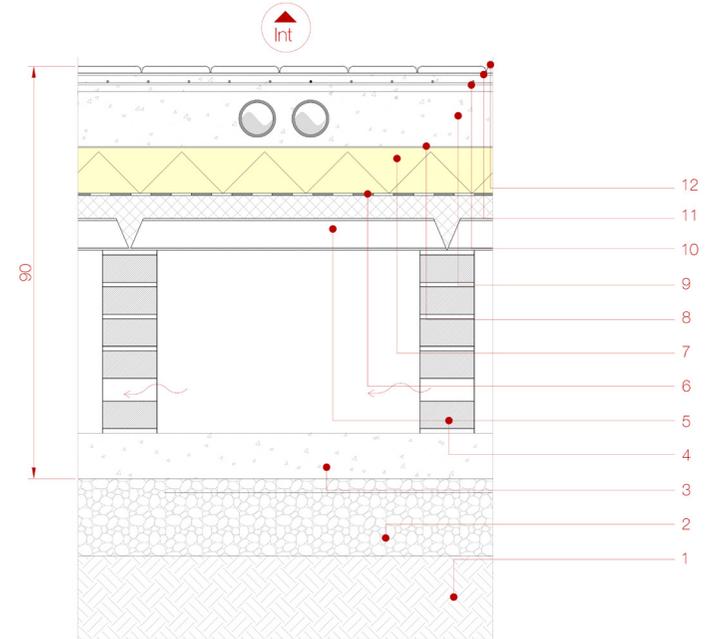


Figura 4.37 Stratigrafia C.O. 02 Sezione verticale

n°	C.O.02 Stratigrafia solaio controterra	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Terreno	-	-	-	-	-
2	Strato di drenaggio in ghiaia	-	-	-	-	-
3	Strato in cls magro (magrone)	10	-	-	-	-
4	Vespaio areato con muricci in mattoni pieni dim.(12 x 25 cm)	6	0,49	1600	1	8
5	Tavelloni in laterizio 25x70 cm e caldana di riempimento (sp. 5 cm)	6	0,30	600	1	6
6	Guaina impermeabilizzante anti-radon bituminosa	0,5	-	4 Kg/m2	-	670000
7	Pannello isolante termico rigido in fibra di legno	10	0,045	220	2	5
8	Barriera al vapore in polietilene	0,2	0,4	940	1,8	700000
9	Massetto in cls per passaggio impianti	10	1,4	2000	1	80
10	Massetto in cls per ripartizione dei carichi con rete elettrosaldata	3,5	1,4	2000	1	80
11	Strato di malta per posa pavimentazione	0,5	0,67	1800	1	20
12	Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)	1,5	1	55 Kg/m2	-	-

Tabella 4.2 Stratigrafia C.O. 02 Sezione verticale

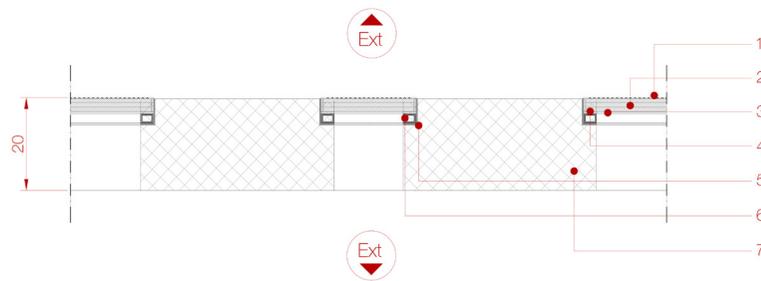


Figura 4.38 Stratigrafia C.O. 03 Sezione verticale

n°	C.O.03 Stratigrafia passerella pedonale	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Sigillante siliconico monocomponente per vetrate strutturali	0,3	-	1000	-	-
2	Vetro strutturale stratificato in tre strati con pellicola in polivinilbutirale	2,8	1	2500	-	-
3	Sigillante siliconico monocomponente per vetrate strutturali	0,3	-	1000	-	-
4	Guarnizione in elastomero termoplastico	0,5	-	960	-	-
5	Falso telaio in acciaio	0,3	-	8000	-	-
6	Contro telaio in acciaio dim.(2x2,75 cm)	0,3	-	8000	-	-
7	Strato portante in cls armato	30	1,6	2400	1,6	100

Tabella 4.3 Stratigrafia C.O. 03 Sezione verticale

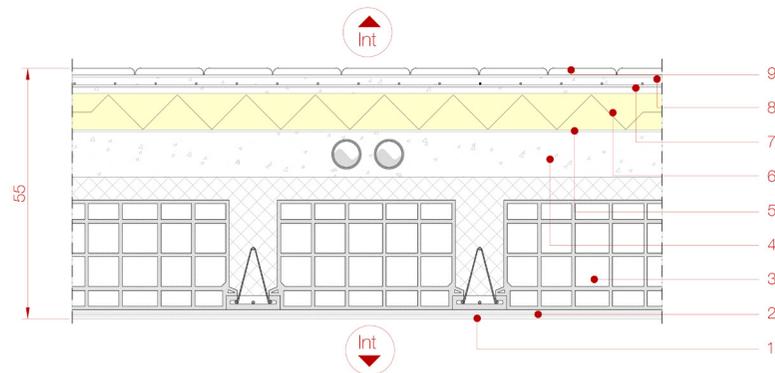
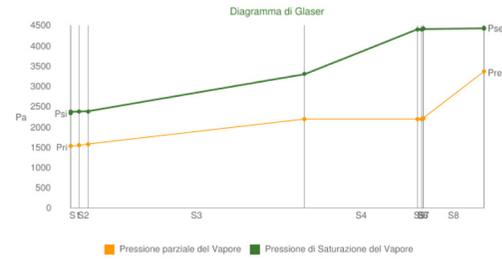


Figura 4.39 Stratigrafia C.O. 04 Sezione verticale

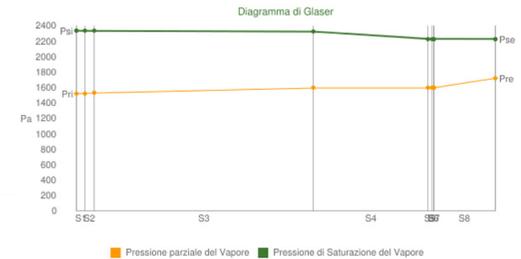
n°	C.O.04 Stratigrafia solaio di interpiano	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrorinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Struttura portante in cls con pignatte (h = 24 cm) e travetti con fondello in laterizio (b = 12 cm) caldana (h = 5 cm)	25	0,732	1200	1	15
4	Massetto in cls per passaggio impianti	10	1,4	2000	1	80
5	Isolamento acustico in fibra di cocco contro il rumore da calpestio	0,4	0,05	90	2	0,5
6	Isolamento termico rigido in fibra di legno	8	0,045	220	2	5
7	Massetto in cls per ripartizione dei carichi con rete elettrosaldata	3,5	1,4	2000	1	80
8	Strato di malta per posa pavimentazione con rete elettrosaldata	0,5	0,67	1800	1	20
9	Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)	1,5	1	55 Kg/m²	-	-

Tabella 4.4 Stratigrafia C.O. 04 Sezione verticale



Trasmittanza (W/m²K): 0,263
 Massa superficiale (Kg/m²):506
 Resistenza termica (m²K/W):3806
 T interna (°C):24.0
 T esterna (°C):30.8
 U interna (%):65.0
 U esterna (%):75.7

Figura 4.40 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



Trasmittanza (W/m²K): 0,263
 Massa superficiale (Kg/m²):506
 Resistenza termica (m²K/W):3806
 T interna (°C):19.0
 T esterna (°C):19.2
 U interna (%):65.0
 U esterna (%):77.2

Figura 4.41 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)

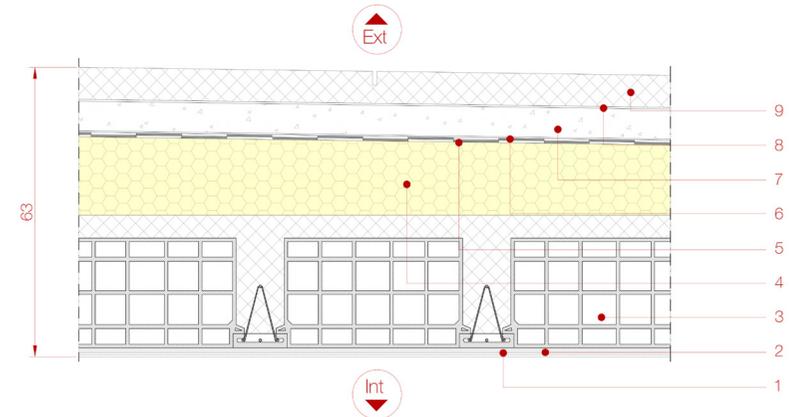
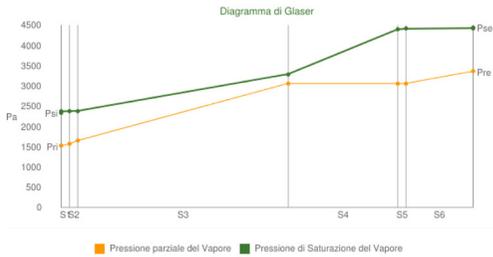


Figura 4.42 Stratigrafia C.O. 05 Sezione verticale

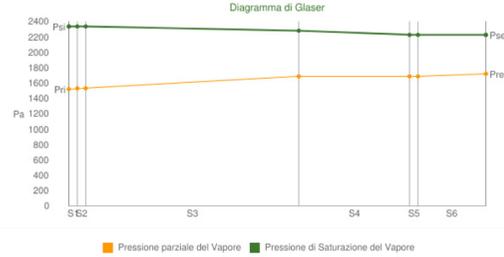
n°	C.O.05 Stratigrafia copertura piana praticabile	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrorinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Struttura portante in cls con pignatte (h = 24 cm) e travetti con fondello in laterizio (b = 12 cm) caldana (h = 5 cm)	25	0,732	1200	1	15
4	Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2,2 %)	min 13	0,041	115	1	∞
5	Guaina impermeabilizzante bituminosa	0,5	-	3 Kg/m²	-	92000
6	Strato separatore	0,1	-	-	-	-
7	Massetto in cls per allestimento e ripartizione dei carichi	6,5	1,4	2000	1,8	80
8	Barriera al vapore in polietilene	0,004	-	280 g/m²	-	-
9	Strato di finitura in cls armato con rete elettrosaldata	7	1,6	2400	1,6	100

Tabella 4.5 Stratigrafia C.O. 05 Sezione verticale



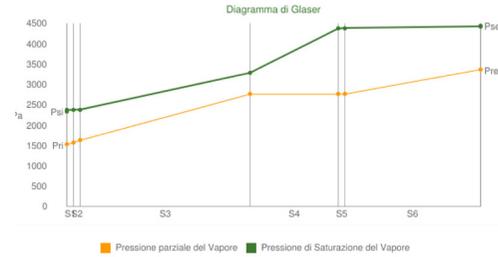
Trasmittanza (W/m²K): 0,145
Massa superficiale (Kg/m²):470
Resistenza termica (m²K/W):6894
T interna (°C):24.0
T esterna (°C):30.8
U interna (%):65.0
U esterna (%):75,7

Figura 4.43 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



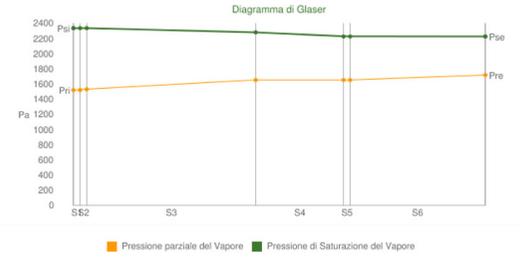
Trasmittanza (W/m²K): 0,145
Massa superficiale (Kg/m²):470
Resistenza termica (m²K/W):6894
T interna (°C):19.0
T esterna (°C):19.2
U interna (%):65.0
U esterna (%):77.2

Figura 4.44 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)



Trasmittanza (W/m²K): 0,144
Massa superficiale (Kg/m²):674
Resistenza termica (m²K/W):6954
T interna (°C):24.0
T esterna (°C):30.8
U interna (%):65.0
U esterna (%):75,7

Figura 4.46 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



Trasmittanza (W/m²K): 0,144
Massa superficiale (Kg/m²):674
Resistenza termica (m²K/W):6954
T interna (°C):19.0
T esterna (°C):19.2
U interna (%):65.0
U esterna (%):77.2

Figura 4.47 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)

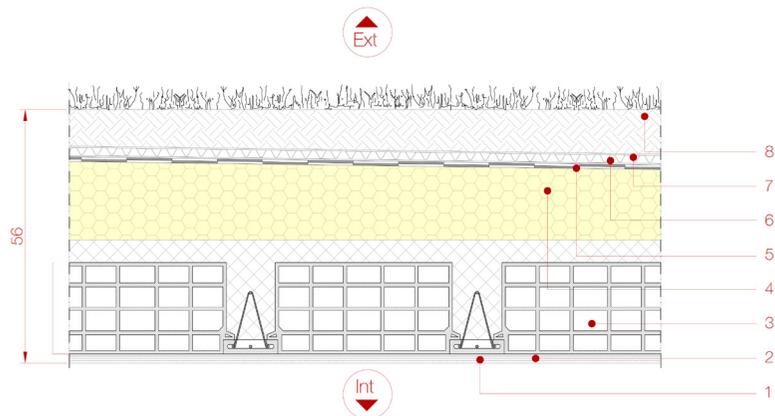


Figura 4.45 Stratigrafia C.O. 06 Sezione verticale

n°	C.O.06 Stratigrafia verde estensivo non praticabile	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo anticendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrorinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Struttura portante in cls con pignatte (h = 20 cm) e travetti con fondello in laterizio (b = 12 cm) caldaia (h = 5 cm)	25	0,732	1200	1	15
4	Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2,2 %)	min 13	0,041	115	1	∞
5	Doppia guaina impermeabilizzante bituminosa antiradice	1	-	3 Kg/m ²	-	92000
6	Guaina di protezione al vento e alla polvere	0,005	-	120 g/m ²	-	-
7	Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi, munita di membrana filtrante in geotessuto in PP integrato e membrana di protezione	0,004	-	280 g/m ²	-	-
8	Terreno	-	-	-	-	-

Tabella 4.6 Stratigrafia C.O. 06 Sezione verticale

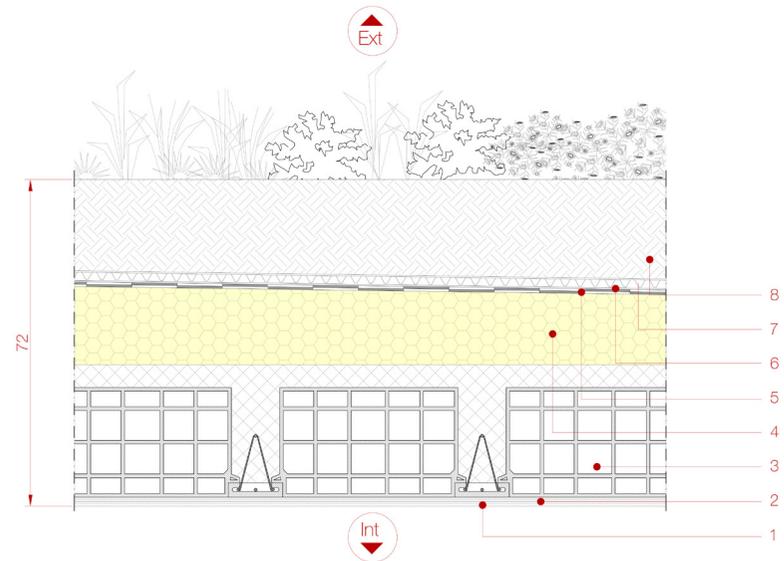
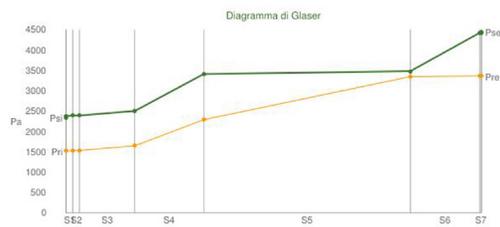


Figura 4.48 Stratigrafia C.O. 07 Sezione verticale

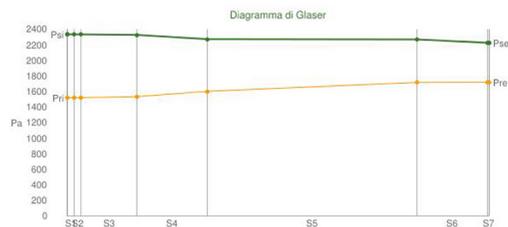
n°	C.O.07 Stratigrafia verde intensivo praticabile	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo anticendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrorinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Struttura portante in cls con pignatte (h = 24 cm) e travetti con fondello in laterizio (b = 12 cm) caldaia (h = 5 cm)	29	0,732	1200	1	15
4	Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2,2 %)	min 13	0,041	115	1	∞
5	Doppia guaina impermeabilizzante bituminosa antiradice	1	-	3 Kg/m ²	-	92000
6	Guaina di protezione al vento e alla polvere	0,005	-	120 g/m ²	-	-
7	Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi, munita di membrana filtrante in geotessuto in PP integrato e membrana di protezione	0,004	-	280 g/m ²	-	-
8	Terreno	-	-	-	-	-

Tabella 4.7 Stratigrafia C.O. 07 Sezione verticale



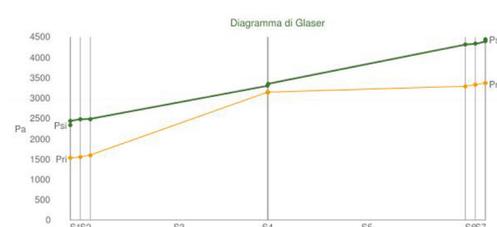
Trasmittanza (W/m2K): 0,17 **T interna (°C):24.0**
Massa superficiale (Kg/m2):822 **T esterna (°C):30.8**
Resistenza termica (m2K/W):5832 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):75.7

Figura 4.61 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



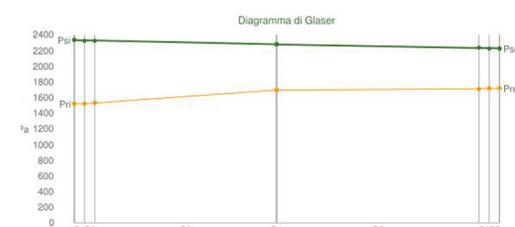
Trasmittanza (W/m2K): 0,17 **T interna (°C):19.0**
Massa superficiale (Kg/m2):822 **T esterna (°C):19.2**
Resistenza termica (m2K/W):5832 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):77.2

Figura 4.62 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)



Trasmittanza (W/m2K): 0,483 **T interna (°C):24.0**
Massa superficiale (Kg/m2):610 **T esterna (°C):30.8**
Resistenza termica (m2K/W):2073 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):75,7

Figura 4.64 Diagramma di Glaser mese di febbraio (mese più caldo)



Trasmittanza (W/m2K): 0,483 **T interna (°C):19.0**
Massa superficiale (Kg/m2):610 **T esterna (°C):19.2**
Resistenza termica (m2K/W):2073 **U interna (%):65.0**
U esterna (%):77.2

Figura 4.65 Diagramma di Glaser mese di luglio (mese più freddo)

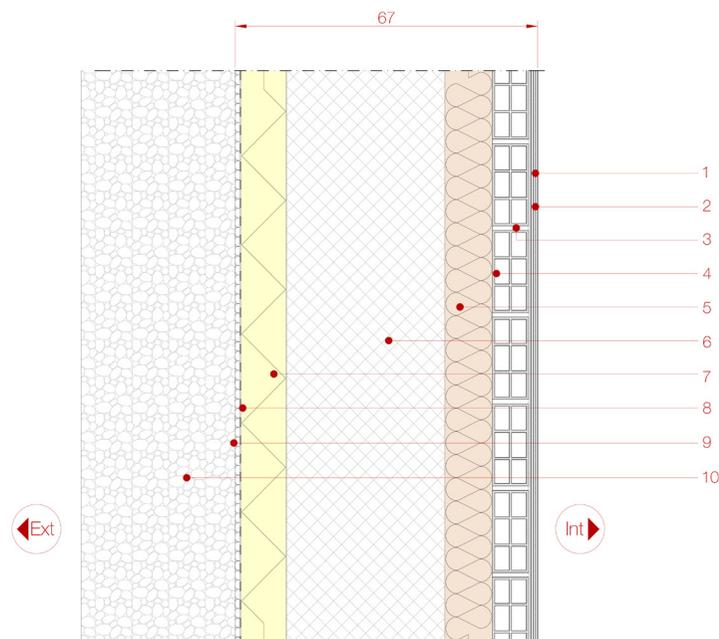


Figura 4.63 Stratigrafia C.V. 02 Sezione verticale

n°	C.V.02 Stratigrafia solaio controterra con intercapedine	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Malta di allettamento	1	0,67	1800	1	20
4	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(8x18x33cm)	8	0,20	700	1	5
5	Cavedio con isolante termoacustico in lana di legno per scarico	11	0,026	1,2	1	1
6	Strato portante in cis armato	35	1,6	2400	1,6	100
7	Isolante termico rigido in fibra di legno	10	0,045	220	2	5
8	Guaina impermeabilizzante in bitume polimerico elastoplastomerico	0,3	0,2	3 Kg/m2	-	100000
9	Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta intensità accoppiata a TNT in polipropilene	1	-	500 g/m2	-	-
10	Strato drenante in ghiaia per riempimento dello scavo	-	-	-	-	-

Tabella 4.12 Stratigrafia C.V. 02 Sezione verticale

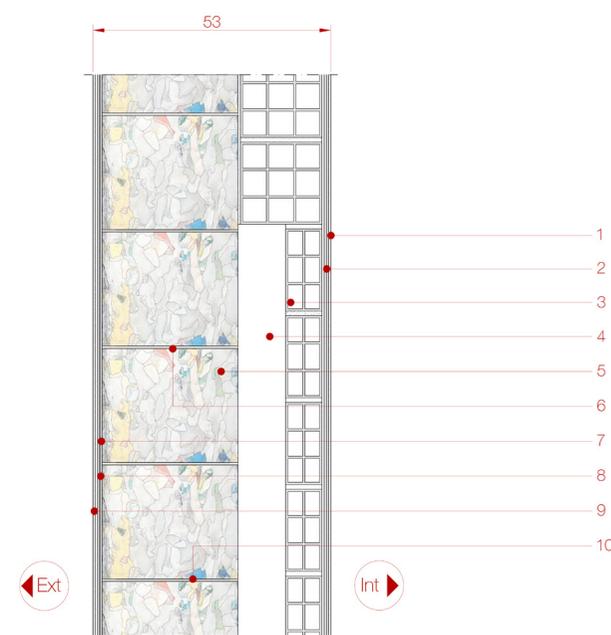


Figura 4.66 Stratigrafia C.V. 03 Sezione verticale

n°	C.V.03 Stratigrafia parete perimetrale con intercapedine	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato fibrinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
3	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(8x18x33cm)	8	0,20	700	1	5
4	Cavedio per condotta di scarico	11	0,026	1,2	1	1
5	Blocco in plastica riciclata tipo "Replast" dim.(25x30x30 cm)	20	0,24	1500	0,25	60
6	Malta di allettamento	1	0,67	1800	1	20
7	Intonaco di fondo premiscelato fibrinforzato ad alto potere adesivo	1	0,83	1200	1	20
8	Rete metallica di rinforzo per pareti in fibra di carbonio	0,0023	-	-	-	-
9	Intonaco protettivo antincendio in cemento con rete in fibra di vetro	1	0,21	750	1	15
10	Colla per materie plastiche a base poliuretanica bicomponente	0,5	-	1300	-	-

Tabella 4.13 Stratigrafia C.V. 03 Sezione verticale

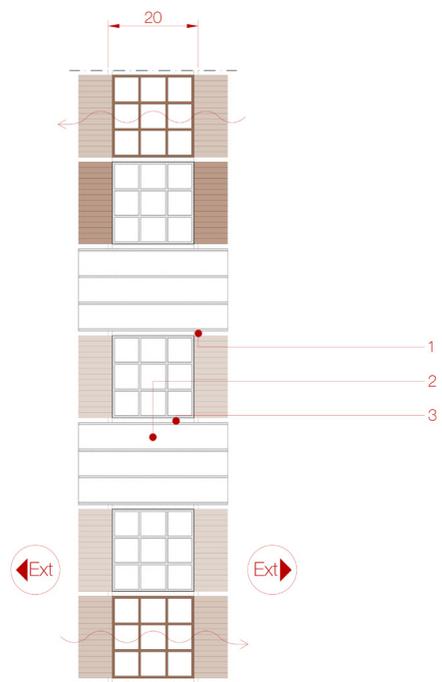


Figura 4.67 Stratigrafia C.V. 04 Sezione verticale

n°	C.V.04 Stratigrafia parete di separazione esterna	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Struttura portante in cls	20	1,6	2400	1,6	100
2	Forato in laterizio per muratura esterna dim.(18x18x33cm)	18	0,20	700	1	5
3	Malta di allettamento	1	0,67	1800	1	20

Tabella 4.14 Stratigrafia C.V. 04 Sezione verticale

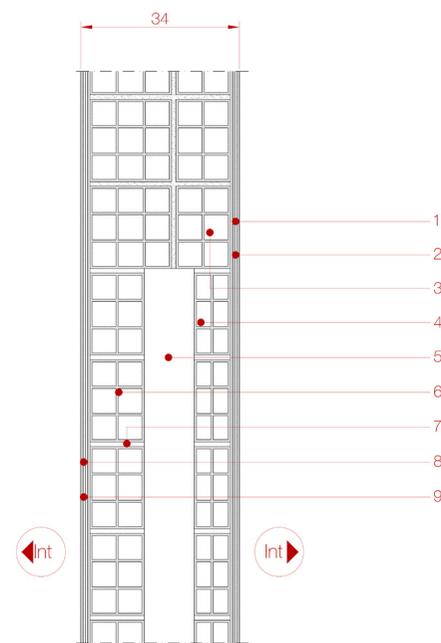


Figura 4.68 Stratigrafia P.V. 01 Sezione verticale

n°	P.V.01 Stratigrafia tamponamento con intercapedine	sp.(cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c(KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato	1	0,83	1200	1	20
3	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(18x18x33cm)	18	0,20	700	1	5
4	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(8x18x33cm)	8	0,20	700	1	5
5	Cavedio per condotta di scarico	11	0,026	1,2	1	1
6	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(12x18x33)	12	0,20	700	1	5
7	Malta di allettamento	1	0,67	1800	1	20
8	Intonaco di fondo premiscelato	1	0,83	1200	1	20
9	Intonaco protettivo antincendio	1	0,21	750	1	15

Tabella 4.15 Stratigrafia P.V. 01 Sezione verticale

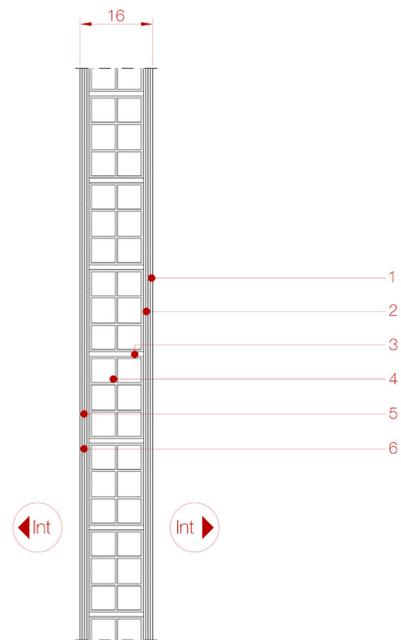


Figura 4.69 Stratigrafia P.V. 02 Sezione verticale

n°	P.V.02 Stratigrafia parete di tamponamento	sp. (cm)	λ (W/mK)	ρ (Kg/m³)	c (KJ/KgK)	μ
1	Intonaco protettivo antincendio	1	0,21	750	1	15
2	Intonaco di fondo premiscelato	1	0,83	1200	1	20
3	Malta di allettamento	1	0,67	1800	1	20
4	Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim. (12x18x33)	12	0,20	700	1	5
5	Intonaco di fondo premiscelato	1	0,83	1200	1	20
6	Intonaco protettivo antincendio	1	0,21	750	1	15

Tabella 4.16 Stratigrafia P.V. 02 Sezione verticale



Figura 4.70 Sezione longitudinale e sezione trasversale con evidenziazione dei nodi

- 1 Strato drenante in ghiaia per riempimento dello scavo
- 2 Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta intensità con TNT in polipropilene
- 3 Guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp.0,5 cm)
- 4 Pannello isolante termico rigido in fibra di legno (sp.10 cm)
- 5 Strato portante in cls armato (sp.30cm)
- 6 Davanzale in cemento
- 7 Zocchetto in gres
- 8 Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)
- 9 Strato di malta per posa pavimentazione (sp.0,5 cm)
- 10 Massetto in cls per allettamento e ripartizione carichi con rete elettrosaldata (sp.3,5 cm)
- 11 Massetto in cls per passaggio impianti (sp.12 cm)
- 12 Isolante termico rigido in fibra di vetro (sp.16 cm)
- 13 Barriera al vapore in polietilene (sp.0,2 cm)
- 14 Guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp.0,5 cm)
- 15 Getto di riempimento in cls armato (sp.5 cm)
- 16 Tavelloni in laterizio (dim.25x70 cm) con caldana (sp. 5 cm)
- 17 Vespaio areato con muricci in mattoni pieni (dim.12 x 25 cm)
- 18 Strato in cls di magrone (sp.10cm)
- 19 Strato drenante in ghiaia
- 20 Terreno composto da roccia compatta affiorante
- 21 Vetrocamera riempito con argon
- 22 Telaio fisso in acciaio
- 23 Falso telaio in legno
- 24 Tubo drenante (diam. 10 cm)

C.O.02

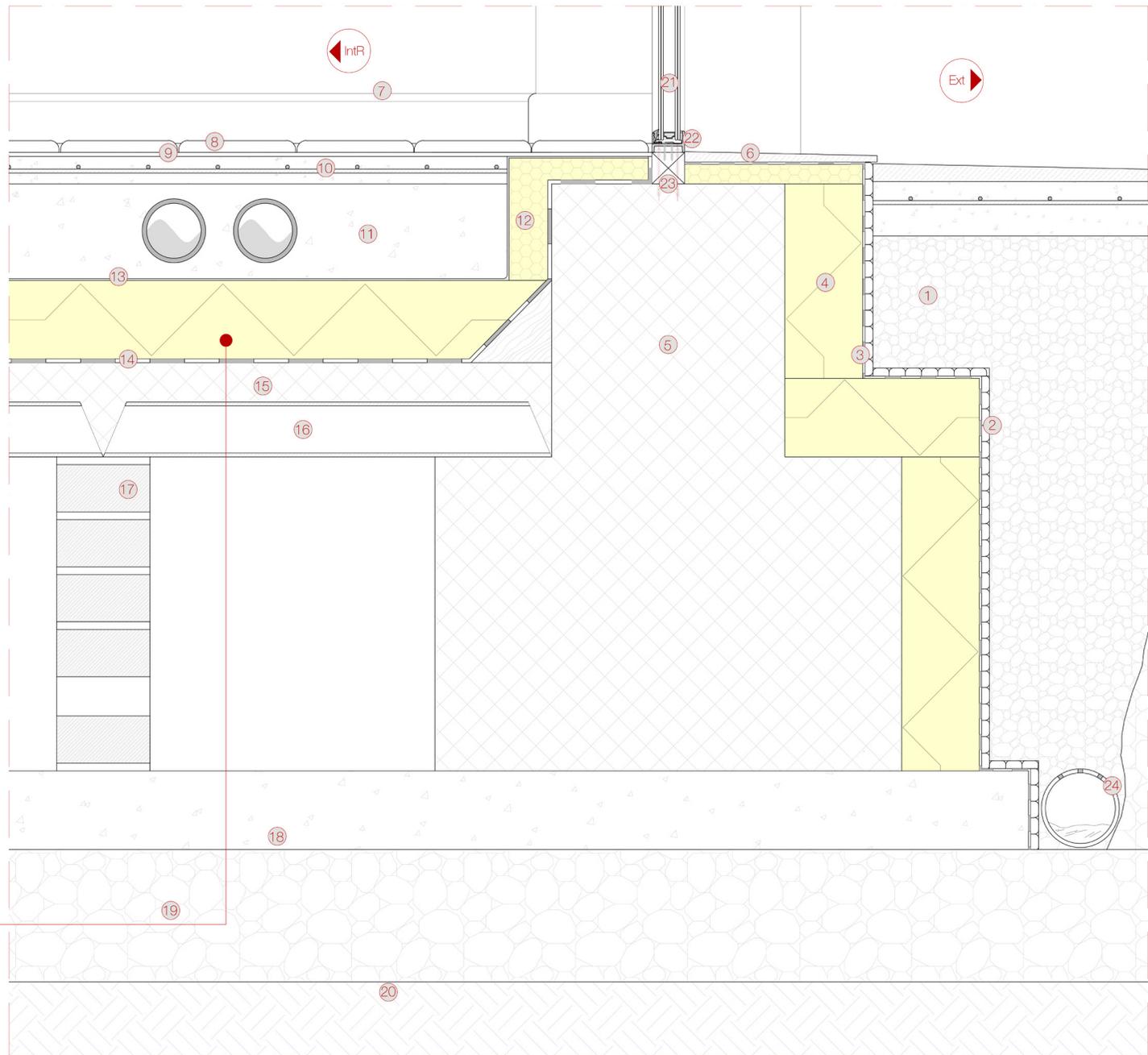


Figura 4.71 Nodo 1

C.O.07

- 1 Scossalina metallica di protezione
- 2 Guaina di protezione al vento e alla polvere (sp.0,3 cm)
- 3 Doppia guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp. 1 cm)
- 4 Ancorante chimico per cls
- 5 Muretto in cls
- 6 Intonaco cementizio (sp. 2 cm)
- 7 Struttura in cls armato
- 8 Caldana di riempimento in cls armato (sp. 5 cm)
- 9 Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2%)
- 10 Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi con membrana filtrante in geotessuto PP (sp. 2cm)
- 11 Pensilina metallica di protezione dall'acqua con lamiera ondulata
- 12 Falso telaio in legno
- 13 Telaio fisso in acciaio
- 14 Telaio mobile in acciaio
- 15 Davanzale in alluminio interno
- 16 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)
- 17 Strato drenante in ghiaia
- 18 Sistema di accumulo dell'acqua (dim. 7x 12,5 cm)
- 19 Traliccio su fondello in laterizio (dim. 12x13,5 cm)
- 20 Pignatta in laterizio (dim. 40x24x25 cm)
- 21 Corrimano in ferro (h. 1 m)
- 22 Vetrocamera riempito con argon (U = 1,1 W/m2K)
- 23 Pluviale in PVC (D = 8 cm)
- 24 Terreno
- 25 Davanzale in alluminio esterno
- 26 Isolante termico rigido in vetro cellulare (sp. 2 cm)
- 27 Intonaco cementizio e antifiamma con rete in carbonio (sp. 2 cm)

C.V.01

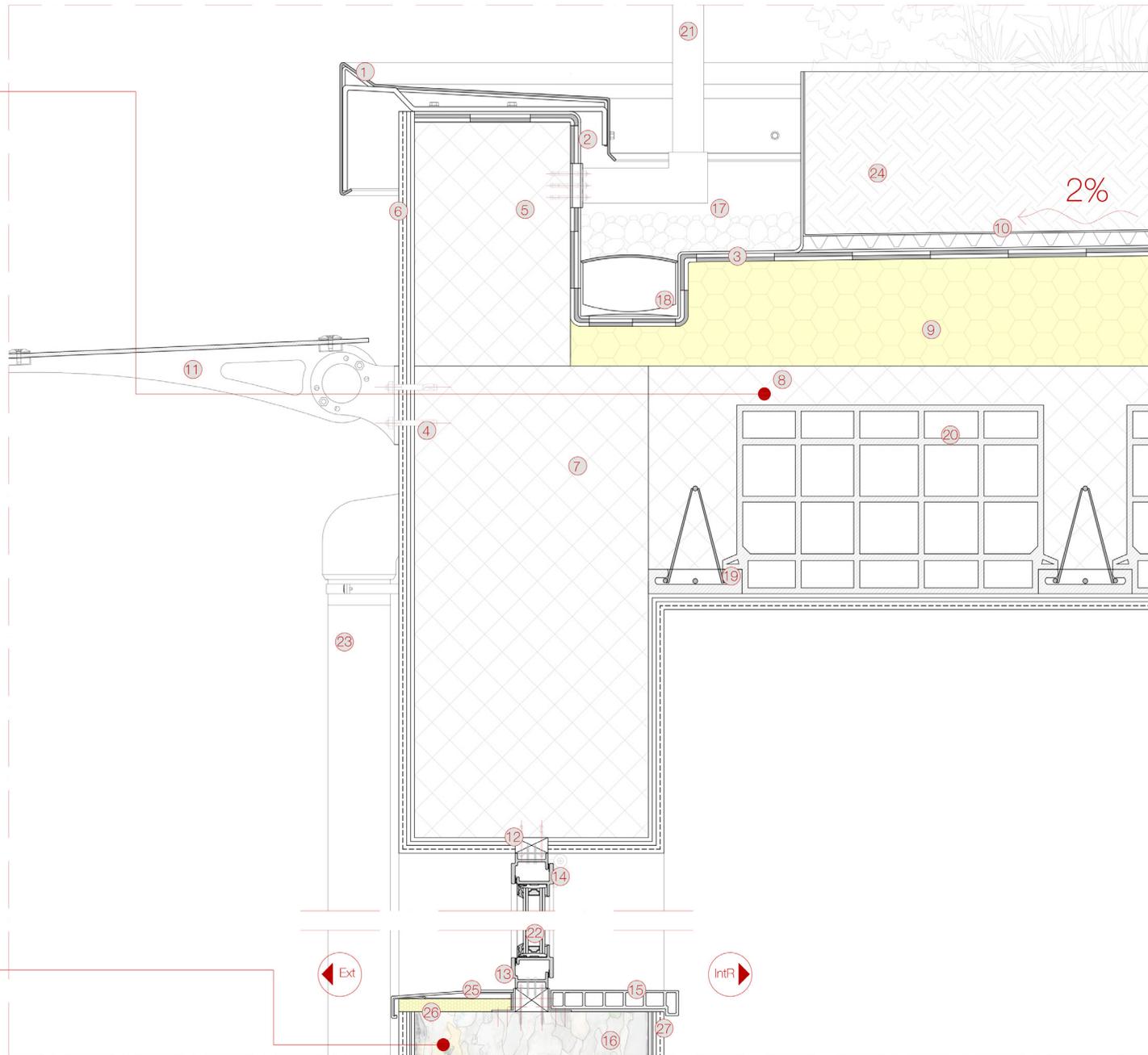


Figura 4.72 Nodo 2

C.O.06

- 1 Scossalina metallica di protezione
- 2 Guaina di protezione al vento e alla polvere (sp.0,3 cm)
- 3 Doppia guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp. 1 cm)
- 4 Ancorante chimico per cls
- 5 Muretto in cls
- 6 Intonaco cementizio (sp. 2 cm)
- 7 Struttura in cls armato
- 8 Caldana di riempimento in cls armato (sp. 5 cm)
- 9 Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2%)
- 10 Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi con membrana filtrante in geotessuto PP (sp. 2cm)
- 11 Falso telaio in legno
- 12 Telaio fisso in acciaio portone d'ingresso REI 60
- 13 Telaio mobile in acciaio portone d'ingresso REI 60
- 14 Vetrocamera riempito con argon (U = 1,1 W/m2K)
- 15 Strato drenante in ghiaia
- 16 Sistema di accumulo dell'acqua (dim. 7x 12,5 cm)
- 17 Pensilina metallica di protezione dall'acqua con lamiera ondulata
- 18 Pignatta in laterizio (dim. 40x24x25 cm)
- 19 Pluviale in PVC (D = 8 cm)
- 20 Elemento metallico in acciaio corten (sp. 1 cm)
- 21 Terreno

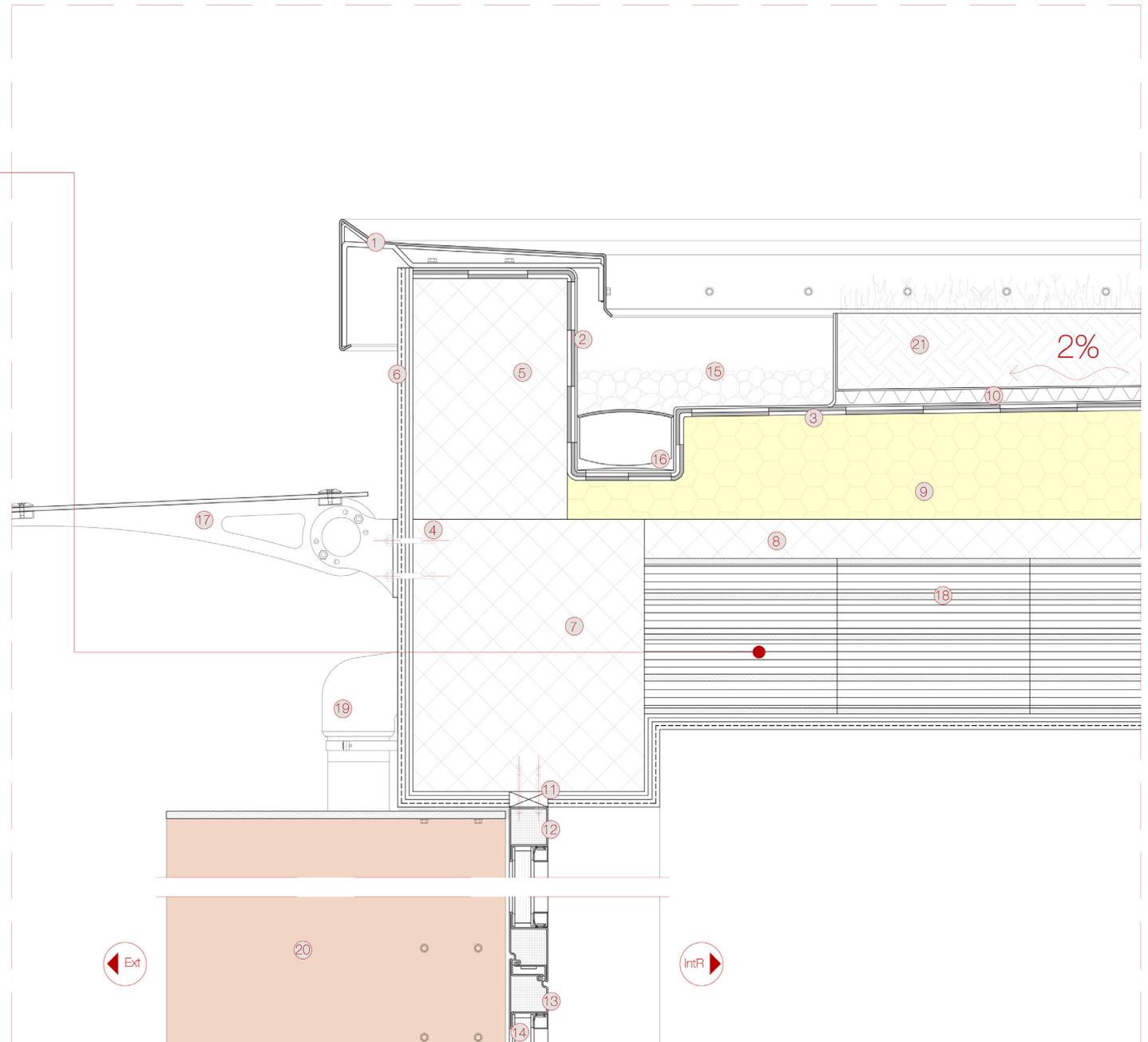


Figura 4.73 Nodo 3

C.V.01

C.O.04

- 1 Vetrocamera riempito con argon
- 2 Telaio fisso in acciaio
- 3 Falso telaio in legno
- 4 Davanzale in alluminio interno
- 5 Davanzale in alluminio esterno
- 6 Isolante termico rigido in vetro cellulare (sp. 2 cm)
- 7 Intonaco cementizio e antifiamma con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 8 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)
- 9 Zoccoletto in gres
- 10 Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)
- 11 Strato di malta per posa pavimentazione (sp.0,5 cm)
- 12 Massetto in cls per allettamento e ripartizione carichi con rete elettrosaldata (sp.3,5 cm)
- 13 Isolante rigido in fibra di legno (sp. 8 cm)
- 14 Isolante acustico in fibra di cocco
- 15 Massetto per impianti (sp. 10 cm)
- 16 Struttura in cls armato
- 17 Caldana di riempimento in cls armato (sp. 5 cm)
- 18 Pignatta in laterizio (dim. 40x24 cm)
- 19 Traliccio su fondello in laterizio (dim. 12x13,5 cm)
- 20 Colla per materie plastiche a base poliuretanica bicomponente
- 21 Pioviale in PVC (D = 8 cm)
- 22 Intonaco cementizio (sp. 2 cm)

C.V.01

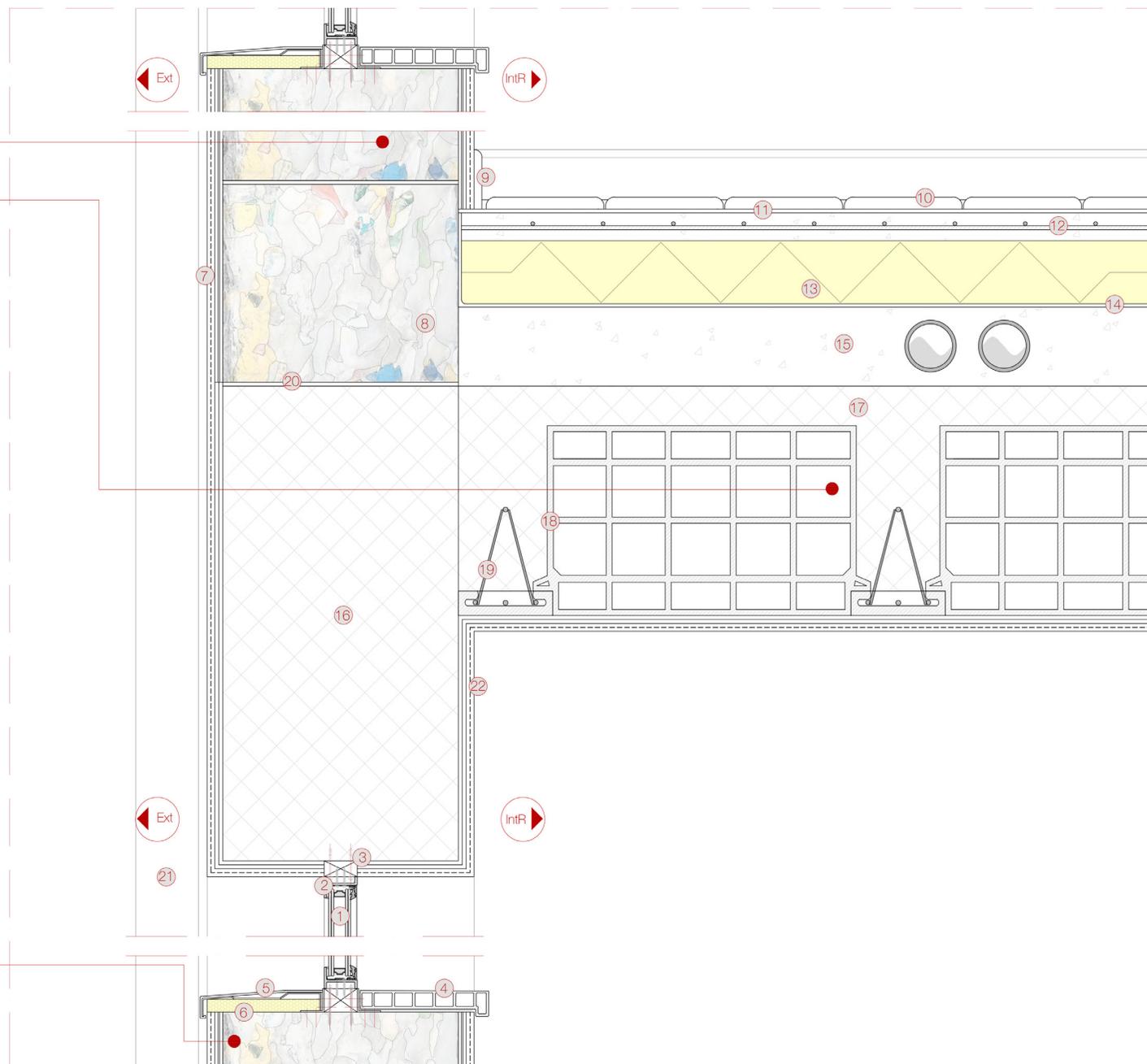


Figura 4.74 Nodo 4

C.O.05

- 1 Scossalina metallica di protezione
- 2 Guaina di protezione al vento e alla polvere (sp.0,3 cm)
- 3 Doppia guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp. 1 cm)
- 4 Ancorante chimico per cls
- 5 Muretto in cls
- 6 Intonaco cementizio e antifiamma con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 7 Struttura in cls armato
- 8 Orditura metallica strutturale in acciaio per sistema di oscuramento fisso in mattoni
- 9 Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2%)
- 10 Strato separatore
- 11 Pensilina metallica di protezione dall'acqua con lamiera ondulata
- 12 Falso telaio in legno
- 13 Telaio fisso in acciaio
- 14 Telaio mobile in acciaio
- 15 Strato drenante in ghiaia
- 16 Sistema di accumulo dell'acqua (dim. 7x 12,5 cm)
- 17 Corimano in ferro (h. 1 m)
- 18 Vetrocamera riempito con argon
- 19 Pluviale in PVC (D = 8 cm)
- 20 Massetto in cls per allettamento e ripartizione dei carichi (sp. 6 cm)
- 21 Barriera al vapore in polietilene
- 22 Strato di finitura in cls armato con rete elettrosaldata
- 23 Mattone pieno in laterizio (dim. 12x5,5x25)
- 24 Davanzale interno in acciaio
- 25 Davanzale esterno in acciaio
- 26 Isolante termico rigido in fibra di vetro (sp.3 cm)
- 27 Controsoffitto a orditura metallica doppia con profilo a scatto, griglia di chiusura in acciaio zincato (sp. 0,5 cm) e lastra in gesso rivestito per interni (sp. 1,25 cm)
- 28 Intonaco cementizio (sp. 2 cm)
- 29 Rasatura interna (sp. 0,25 cm)
- 30 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)

C.V.01

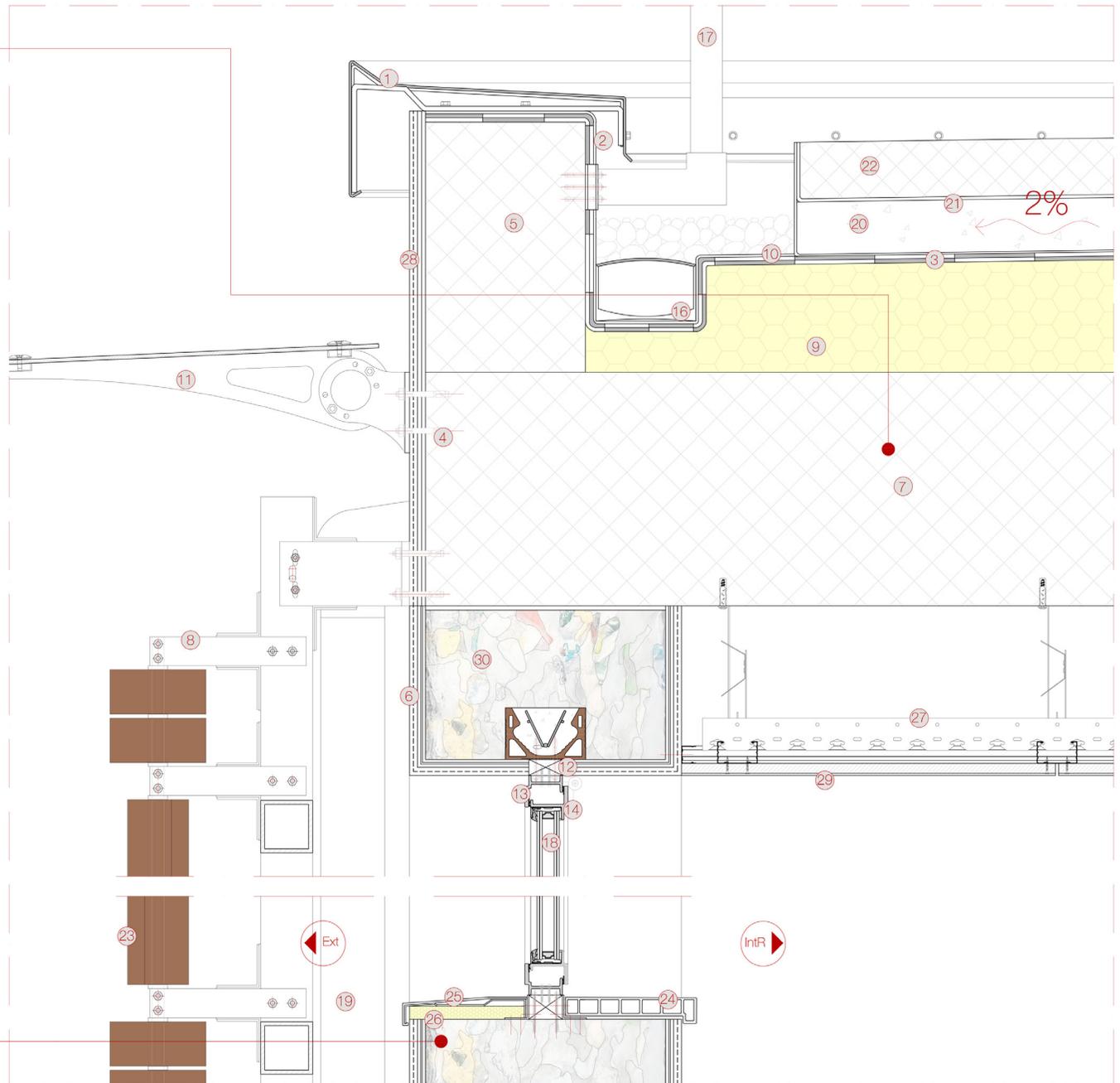


Figura 4.75 Nodo 5

C.O.06

- 1 Scossalina metallica di protezione
- 2 Guaina di protezione al vento e alla polvere (sp.0,3 cm)
- 3 Doppia guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp. 1 cm)
- 4 Ancorante chimico per cls
- 5 Muretto in cls
- 6 Intonaco cementizio e antifiamma con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 7 Struttura in cls armato
- 8 Caldana di riempimento in cls armato (sp. 5 cm)
- 9 Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2%)
- 10 Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi munita di membrana filtrante in geotessuto in PP (sp. 2cm)
- 11 Malta di allettamento (sp.1 cm)
- 12 Strato drenante in ghiaia
- 13 Sistema di accumulo dell'acqua (dim. 7x 12,5 cm)
- 14 Pignatta in laterizio (dim. 40x24x25 cm)
- 15 Pluviale in PVC (D = 8 cm)
- 16 Terreno
- 17 Pensilina metallica di protezione dall'acqua con lamiera ondulata
- 18 Forato in laterizio per muratura esterna dim.(18x18x33cm)

C.V.04

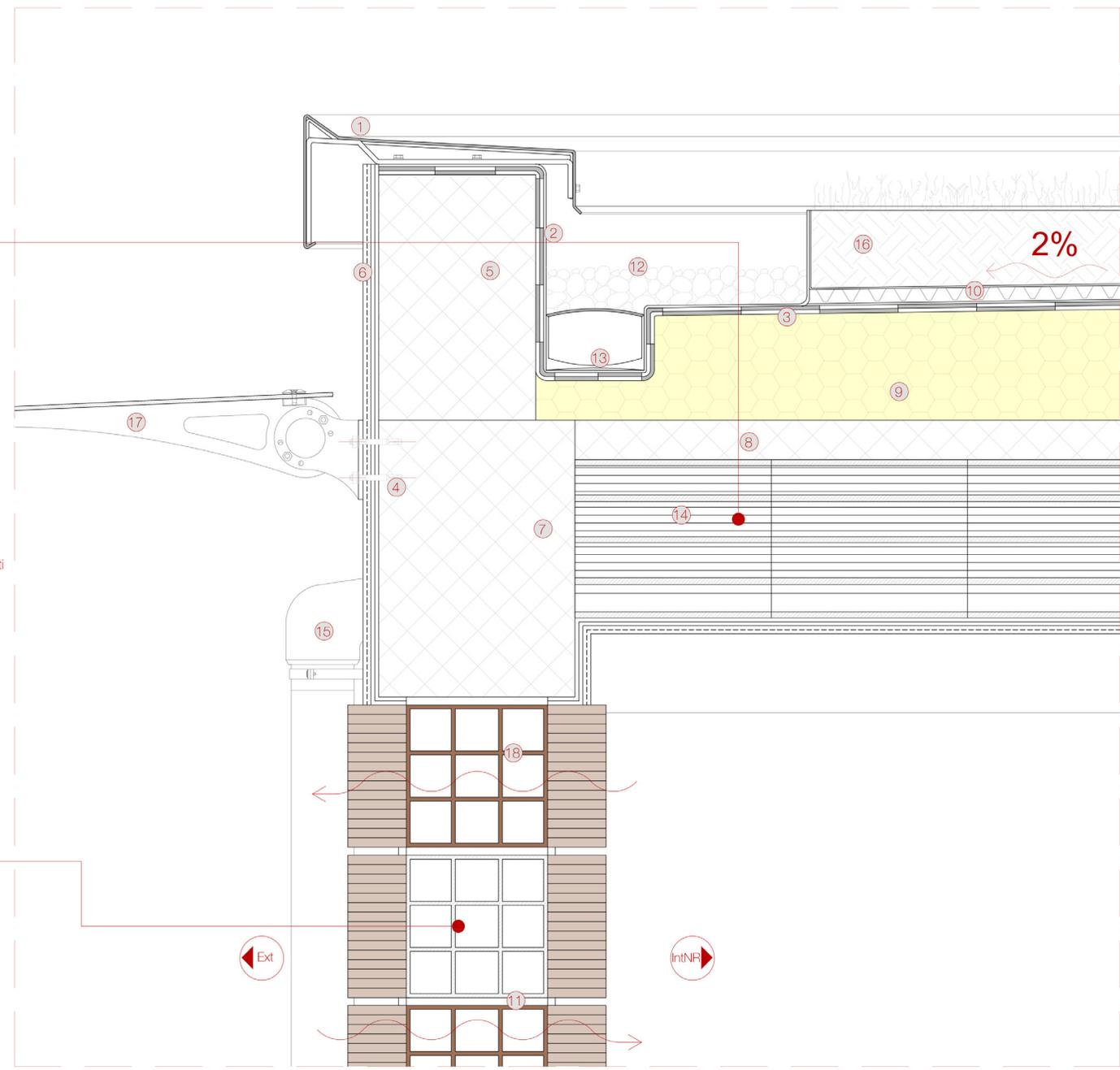


Figura 4.76 Nodo 6

C.V.04

- 1 Scossalina metallica di protezione
- 2 Guaina di protezione al vento e alla polvere (sp.0,3 cm)
- 3 Doppia guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp. 1 cm)
- 4 Colla per materie plastiche a base poliuretanica bicomponente
- 5 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)
- 6 Intonaco cementizio e antifiama con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 7 Struttura in cls armato
- 8 Caldana di riempimento in cls armato (sp. 5 cm)
- 9 Isolante termico rigido in vetro cellulare con pendenza (p. 2%)
- 10 Membrana alveolare microperforata in HDPE con accumulo idrico per tetti verdi con membrana filtrante in geotessuto in PP (sp. 2cm)
- 11 Malta di alettamento (sp.1 cm)
- 12 Strato drenante in ghiaia
- 13 Sistema di accumulo dell'acqua (dim. 7x 12,5 cm)
- 14 Pignatta in laterizio (dim. 40x24x25 cm)
- 15 Isolante termoacustico in lana di legno (sp. 5 cm)
- 16 Terreno
- 17 Forato in laterizio per muratura esterna dim.(18x18x33cm)
- 18 Falso telaio in legno
- 19 Telaio fisso portone in acciaio REI 60
- 20 Vetrocamera riempito con argon
- 21 Telaio mobile portone in acciaio REI 60
- 22 Massetto per impianti (sp. 10 cm)
- 23 Isolante acustico in fibra di cocco
- 24 Isolante rigido in fibra di legno (sp. 8 cm)
- 25 Massetto in cls per alettamento e ripartizione carichi con rete elettrosaldata (sp.3,5 cm)
- 26 Strato di malta per posa pavimentazione (sp.0,5 cm)
- 27 Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)
- 28 Architrave in laterizio armato
- 29 Malta di alettamento (sp. 1 cm)

C.O.08

C.O.06

C.V.01

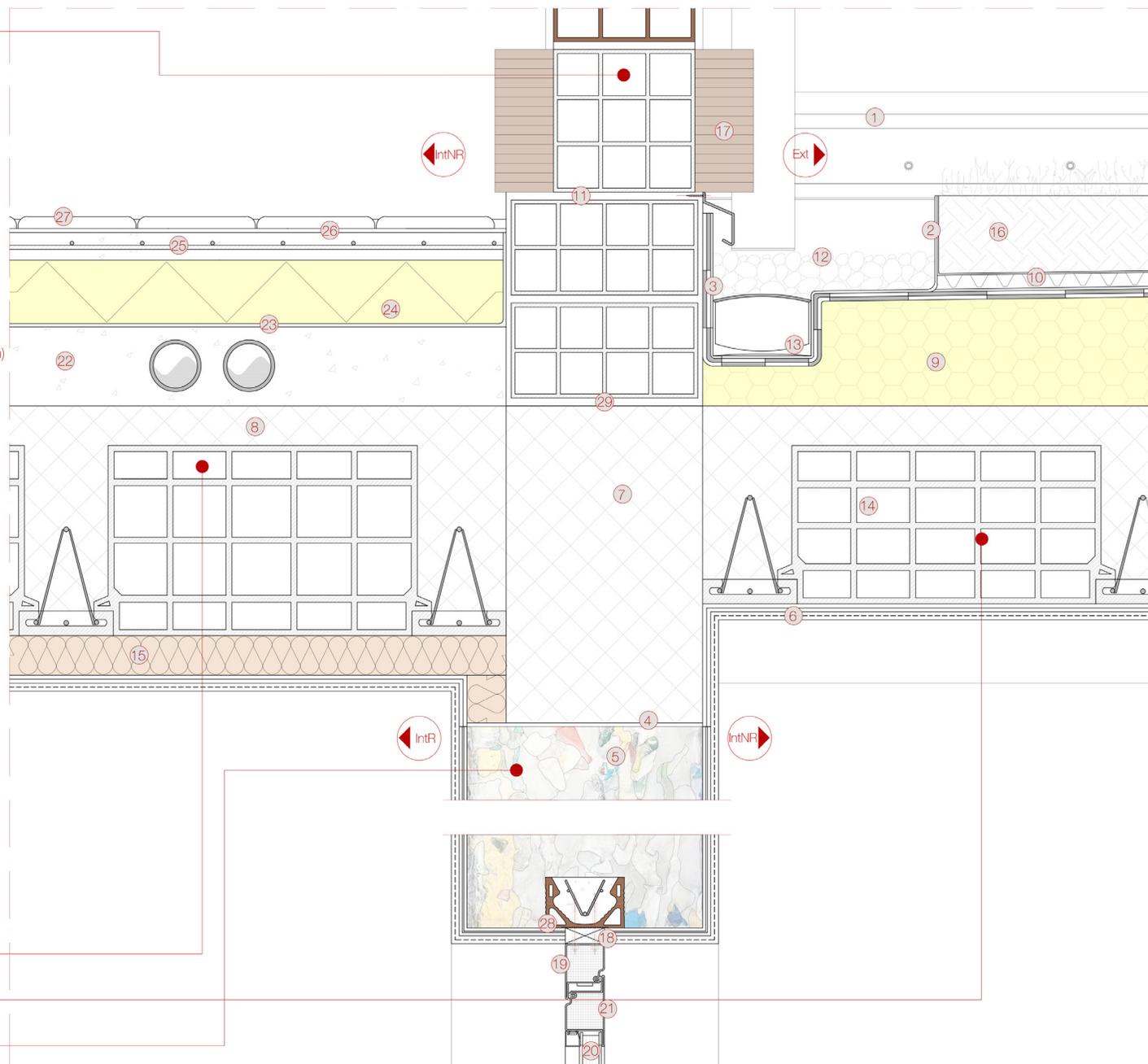


Figura 4.77 Nodo 7

C.V.01

- 1 Muro armato controterra (sp. 30 cm)
- 2 Squadretta in legno
- 3 Strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata con struttura alveolare ad alta intensità con TNT in polipropilene
- 4 Malta di allettamento (sp.1 cm)
- 5 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)
- 6 Intonaco cementizio e antifiamma con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 7 Colla per materie plastiche a base poliuretanicica bicomponente
- 8 Caldana di riempimento in cls (sp. 5 cm)
- 9 Barriera al vapore in polietilene (sp.0,2 cm)
- 10 Forato in laterizio per muratura di tamponamento dim.(8x18x33cm)
- 11 Strato drenante in ghiaia
- 12 Strato di cls magro (magrone sp. 10 cm)
- 13 Pignatta in laterizio (dim. 40x24x25 cm)
- 14 Isolante termoacustico in lana di legno (sp. 5 - 10 cm)
- 15 Terreno
- 16 Isolante termico rigido in vetro cellulare (sp. 10 cm)
- 17 Vespaio areato con muricci in mattoni pieni (dim.12 x 25 cm)
- 18 Tavelloni in laterizio (dim.25x70 cm)
- 19 Caldana di riempimento in cls armato (sp.5 cm)
- 20 Guaina impermeabilizzante in bitume polimero elastoplastomerico (sp.0,5 cm)
- 21 Massetto per impianti (sp. 10 cm)
- 22 Isolante acustico in fibra di cocco
- 23 Isolante termico rigido in fibra di legno (10 - 10 - 8 cm)
- 24 Massetto in cls per allettamento e ripartizione carichi con rete elettrosaldata (sp.3,5 cm)
- 25 Strato di malta per posa pavimentazione (sp.0,5 cm)
- 26 Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)
- 27 Zoccoletto in gres

C.O.02

C.V.02

C.O.08

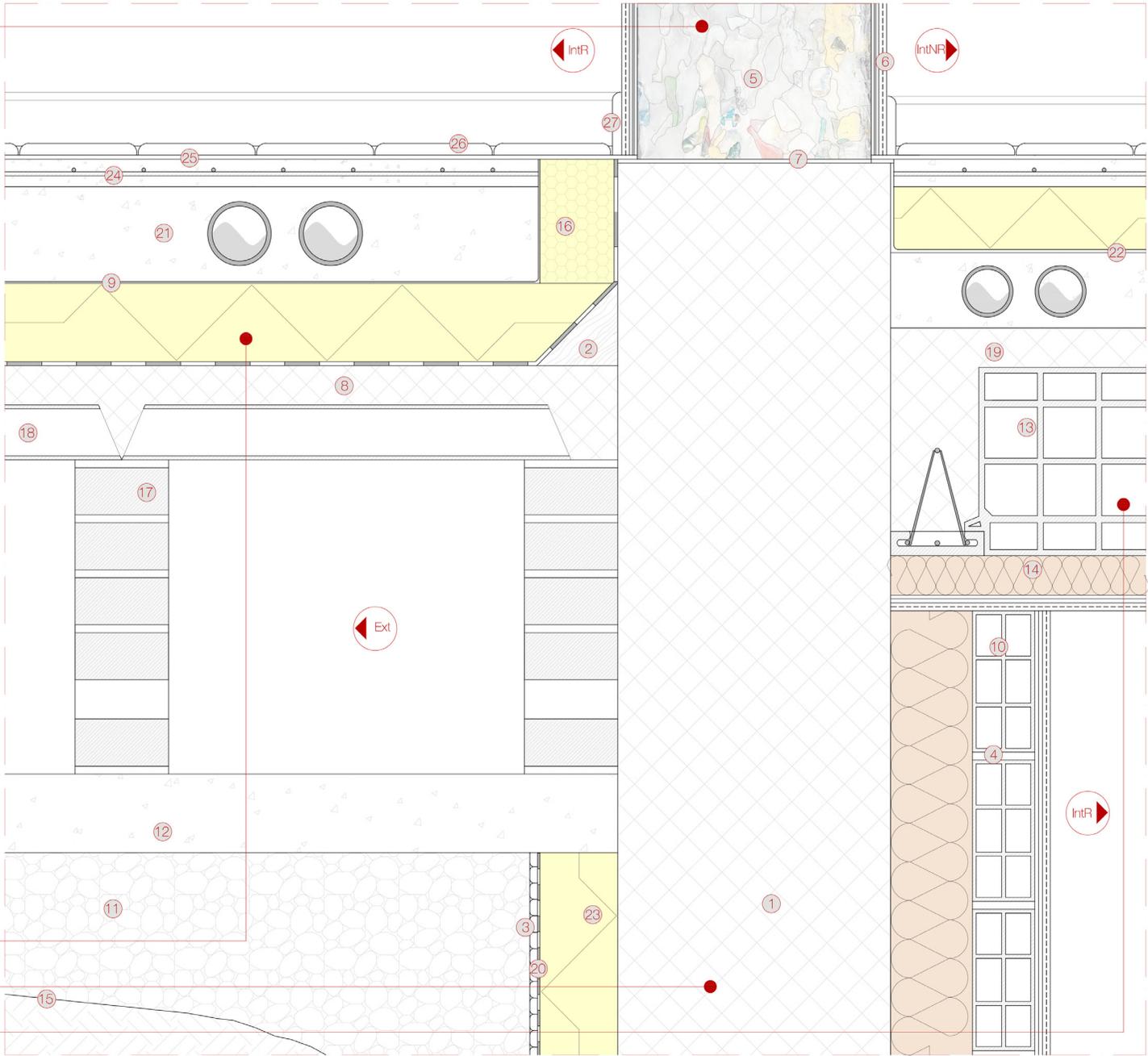


Figura 4.78 Nodo 8

C.V.01

- 1 Falso telaio in legno
- 2 Vetrocamera riempito con argon
- 3 Telaio fisso in acciaio
- 4 Telaio mobile in acciaio
- 5 Davanzale in alluminio interno
- 6 Davanzale in alluminio esterno
- 7 Isolante termico rigido in vetro cellulare (sp. 2 cm)
- 8 Intonaco cementizio e antifiama con rete in carbonio (sp. 2 cm)
- 9 Blocchi in plastica riciclata tipo "Replast" (dim.25x30x30 cm)
- 10 Orditura metallica strutturale in acciaio per sistema di oscuramento fisso in mattoni
- 11 Zocchetto in gres
- 12 Strato di finitura in piastrelle di gres dim.(20x20 cm)
- 13 Strato di malta per posa pavimentazione (sp.0,5 cm)
- 14 Massetto in cls per allettamento e ripartizione carichi con rete elettrosaldata (sp.3,5 cm)
- 15 Isolante rigido in fibra di legno (sp. 8 cm)
- 16 Isolante acustico in fibra di cocco
- 17 Massetto per impianti (sp. 10 cm)
- 18 Struttura in cls armato
- 19 Colla per materie plastiche a base chimica poliuretanica bicomponente
- 20 Mattone pieno in laterizio (dim. 12x5,5x25)
- 21 Pluviale in PVC (D = 8 cm)
- 22 Isolante termoacustico in lana di legno (sp. 5,5 cm)
- 23 Controsoffitto a orditura metallica doppia con profilo a scatto, griglia di chiusura in acciaio zincato (sp. 0,5 cm) e lastra Aquapanel in cemento fibrorinforzato per esterni (sp. 1,5 cm)
- 24 Intonaco cementizio (sp. 2 cm)
- 25 Rasatura esterna (sp. 0,4 cm)

C.O.01

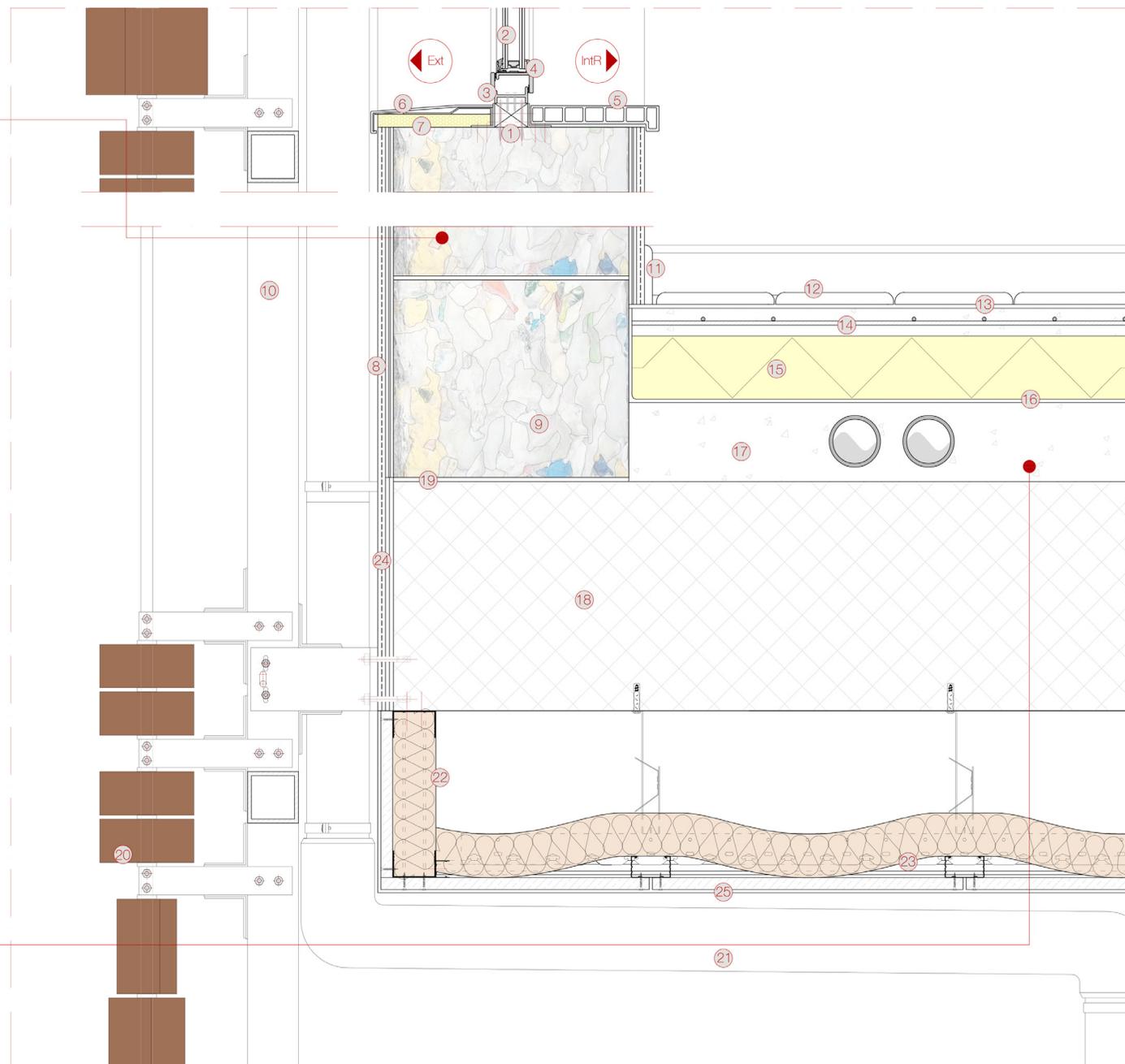


Figura 4.79 Nodo 9

4.7 Verifiche antincendio

Il complesso presenta una destinazione prevalentemente pubblica, ed è stato progettato per garantire un'efficace evacuazione in caso di incendio. Nell'eventualità di emergenza tutti i locali che compongono il complesso, sono collegati con l'esterno tramite rapide vie di fuga. Come è possibile osservare dagli elaborati seguenti, ciascun ambiente, o gruppo di ambienti, fa riferimento ad un percorso di esodo che conduce nel più breve tempo possibile a luoghi sicuri che possono facilmente essere raggiunti dai mezzi di soccorso.

In termini normativi, il D.M. luglio 2010 per le attività commerciali, il D.M. 26 agosto 1992 sulle scuole e il D.M. 22 febbraio 2006 per gli uffici si considerano applicabili ad edifici con superfici lorde superiori a 400 mq e numero di utenti ben superiori a quelli previsti nel progetto, per tali ragioni, si ritiene utile affiancare ai precedenti riferimenti normativi il D.M. 10 marzo 1998 che definisce i criteri di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro in generale, tale normazione è valida anche per piccoli edifici.

Le suddette normative stabiliscono i seguenti criteri generali di sicurezza:

-Il percorso effettivo per raggiungere un luogo sicuro, non può essere superiore a 50 m, incrementabili a 60 m in presenza di un sistema di smaltimento fumi realizzato secondo quanto previsto dalla normativa i corridoi ciechi non possono avere lunghezza superiore a 15 m.

-L'altezza delle vie di esodo non deve essere inferiore a 2 m. I pavimenti ed i gradini non devono avere superfici sdruciolevoli. Le porte che si aprono sulle vie di esodo e/o sulle scale non devono ridurre la larghezza utile delle stesse. Le vie di esodo devono essere tenute sgombre da materiali che possano costituire impedimento al regolare deflusso delle persone. Quando il pavimento inclinato immette in una scala, la pendenza deve interrompersi almeno ad una distanza dalla scala di 1,2 m La larghezza minima delle vie di esodo deve essere multipla del modulo di uscita e non inferiore a due moduli (1,2 m).

-Le porte installate lungo le vie di esodo devono essere tagliafuoco con resistenza almeno REI 60, ad uno o due battenti, ed aprirsi nel verso dell'esodo a semplice spinta, mediante l'azionamento di dispositivi antipanico a barra orizzontale. I battenti delle porte, quando sono aperti, non devono ostruire passaggi e corridoi.

-L'edificio deve essere dotato di un adeguato numero di estintori portatili, di tipo omologato, distribuiti in modo uniforme nell'area da proteggere e in prossimità delle uscite; devono essere ubicati in posizione facilmente accessibile e visibile in modo che la distanza che una persona deve percorrere per utilizzarli non sia superiore a 30 m. Gli estintori devono essere installati in ragione di almeno uno ogni 150 mq di pavimento, o frazione, con un minimo di due estintori per piano o per compartimento.

-Deve essere installata la segnaletica di sicurezza, espressamente finalizzata alla sicurezza antincendio che indichi le uscite di sicurezza e i relativi percorsi d'esodo, l'ubicazione dei mezzi fissi e portatili di estinzione incendi, i divieti di fumare ed uso di fiamme libere, il divieto

di utilizzare gli ascensori in caso di incendio, ad eccezione degli ascensori antincendio, i pulsanti di sgancio dell'alimentazione elettrica, i pulsanti di allarme.

Le uscite di sicurezza ed i percorsi di esodo devono essere evidenziati da segnaletica di tipo luminoso mantenuta sempre accesa durante l'esercizio dell'attività, alimentata sia da rete normale che da alimentazione di sicurezza.

-Le aree destinate al pubblico non possono essere ubicate oltre il primo piano interrato, fino alla quota di -7,5 m rispetto al piano di riferimento. Le predette aree devono disporre di uscite di sicurezza che immettano all'esterno direttamente ovvero tramite luoghi sicuri.

-Le rampe delle scale devono essere rettilinee, avere non meno di tre gradini e non più di quindici. I gradini devono essere a pianta rettangolare, di alzata e pedata costanti, rispettivamente non superiore a 17 cm e non inferiore a 30 cm. Sono ammesse rampe non rettilinee, a condizione che vi siano pianerottoli di riposo almeno ogni quindici gradini e che la pedata del gradino sia di almeno 30 cm, misurata a 40 cm dal montante centrale o dal parapetto interno. Nessuna sporgenza deve esistere nelle pareti delle scale per un'altezza di 2 m dal piano di calpestio. Qualora le scale siano aperte su uno o entrambi i lati, devono avere ringhiere o balaustre alte almeno 1 m, atte a sopportare le sollecitazioni derivanti da un rapido deflusso in situazioni di emergenza o di panico.

-Le strutture portanti e gli elementi di compartimentazione per edifici di altezza non superiore a 15 m, devono presentare caratteristiche REI/EI non inferiore a 60.

-Per i locali al chiuso, la lunghezza massima del percorso di uscita, misurata a partire dall'interno della sala fino a luogo sicuro, non deve essere superiore a 50 m.

-Scala esterna di sicurezza, questa tipologia di scala deve essere lontana da vani da cui si possono sprigionare fiamme, i materiali, acciaio o ferro, devono essere incombustibili ai fini della reazione al fuoco. Sono consentite scale adiacenti a pareti che siano almeno R/REI 60.

-Gli ascensori devono avere requisiti di isolamento degli ambienti del vano corsa e del locale macchine, aereazione e ventilazione anche tramite camini del vano corsa e del locale macchine, incombustibilità delle porte di accesso al vano corsa e del locale macchine, assenza di comunicazione tra vano corsa e altri locali, posizionamento in alto sopra il vano corsa del locale macchine, incombustibilità del materiale di costruzione della cabina dove possono essere ammessi in quantità limitata materiali combustibili di tipo autoestinguente.

-I locali che presentano fuochi come le cucine, devono essere separati dagli altri locali attraverso parete almeno EI 90 (valore raggiunto con intonaco tagliafuoco di almeno 2 cm). Le strutture portanti devono essere almeno R 60

Nel complesso gli edifici di progetto soddisfano il requisito generale minimo di sicurezza antincendio REI 60.

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per VVFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo

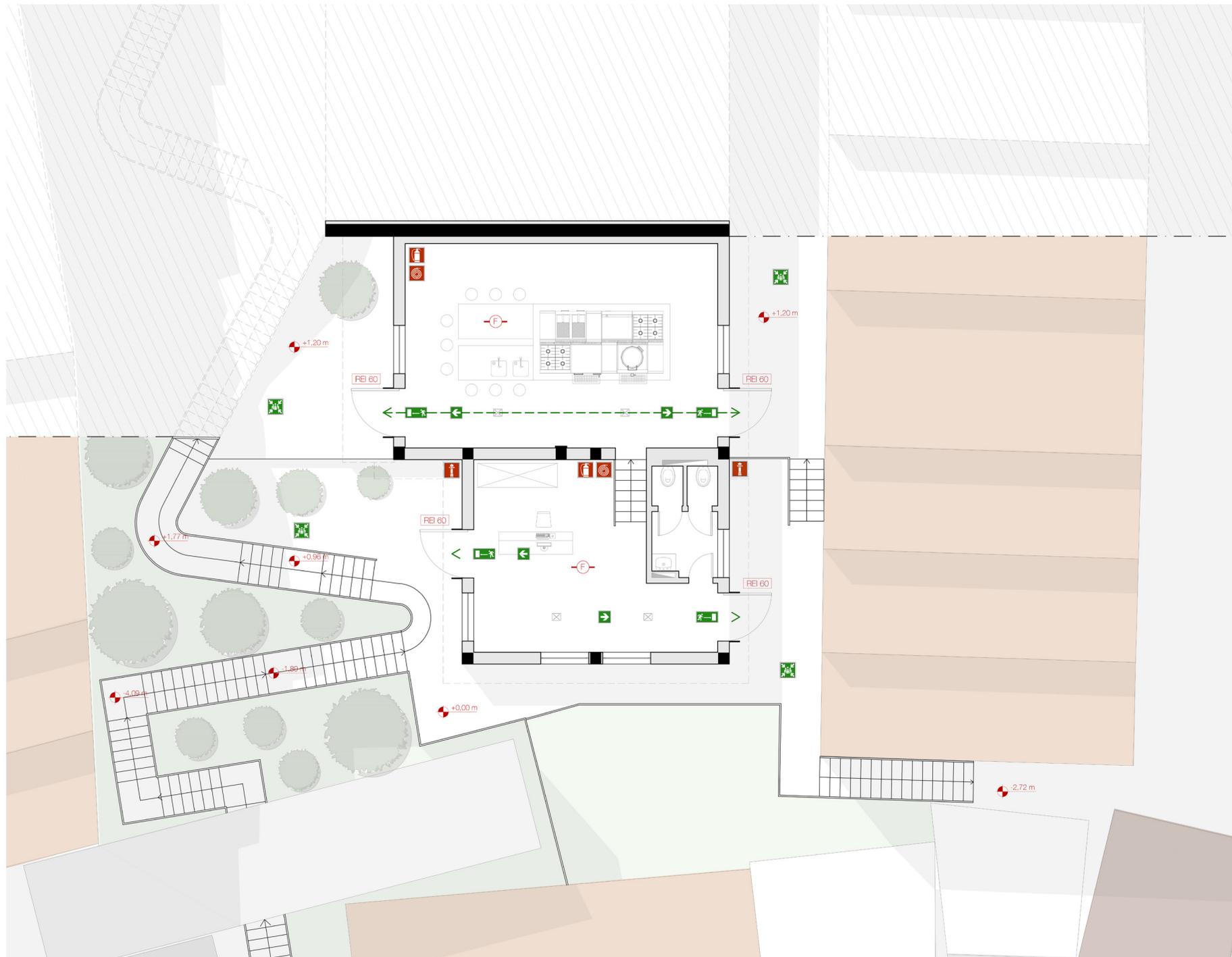


Figura 4.80 Pianta antincendio infopoint - laboratori di cucina

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per VVFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo

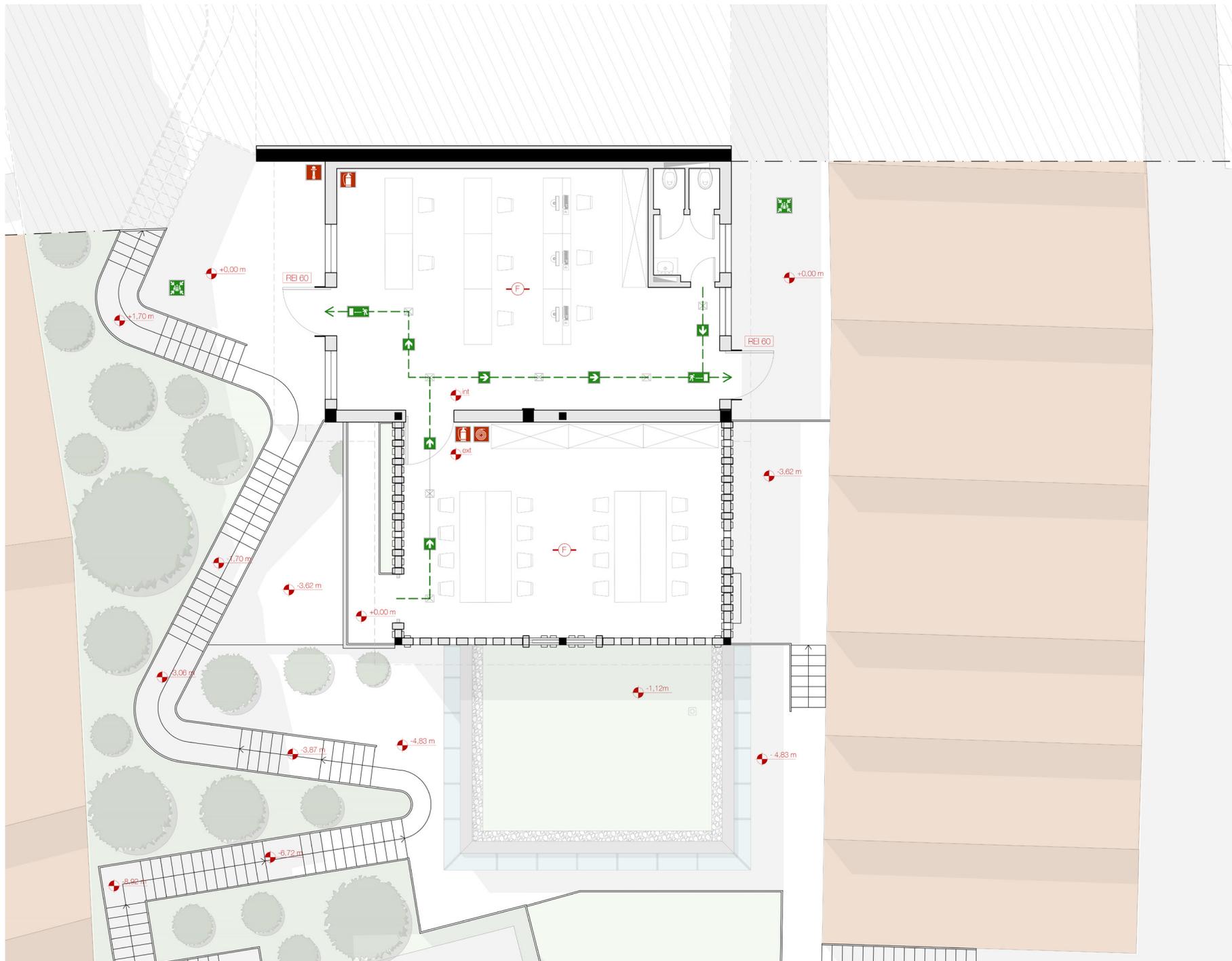


Figura 4.81 Pianta antincendio sede associazione "Il sorriso dei miei bimbi" - laboratori creativi

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per WFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo

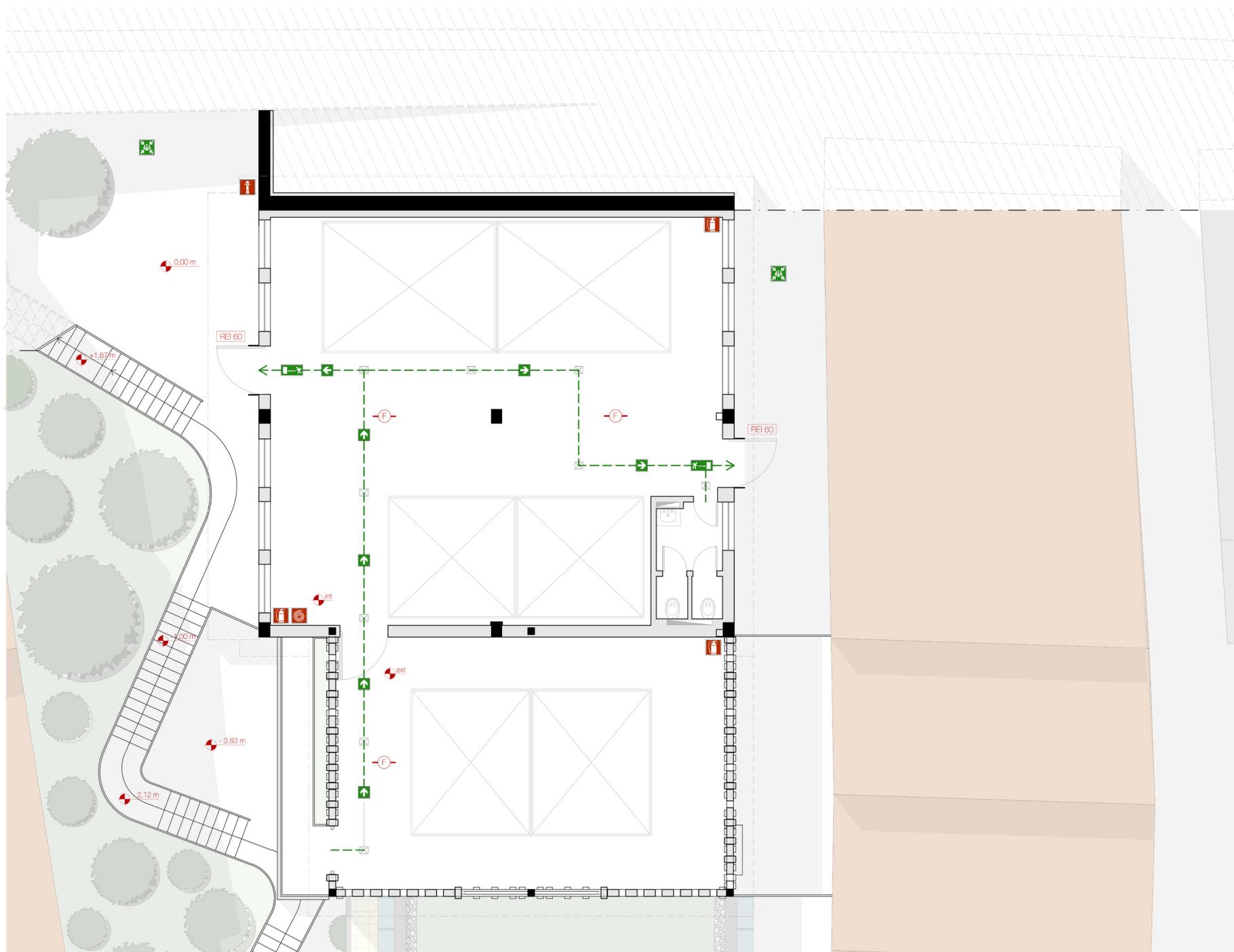


Figura 4.82 Pianta antincendio mercato frutta e verdura - mercato piante e fiori

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per VVFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo

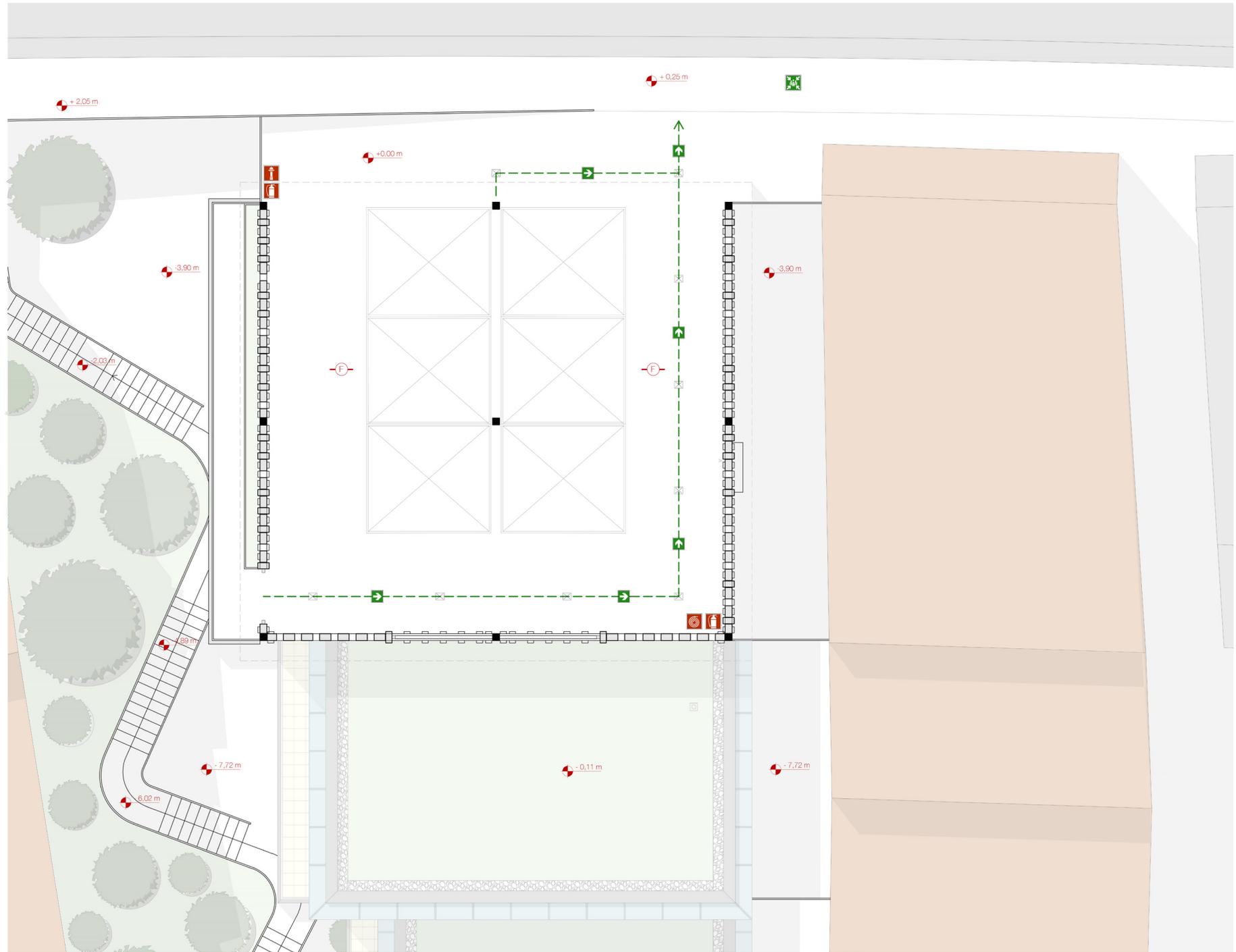


Figura 4.83 Pianta antincendio area per il churrasco

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per VVFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo

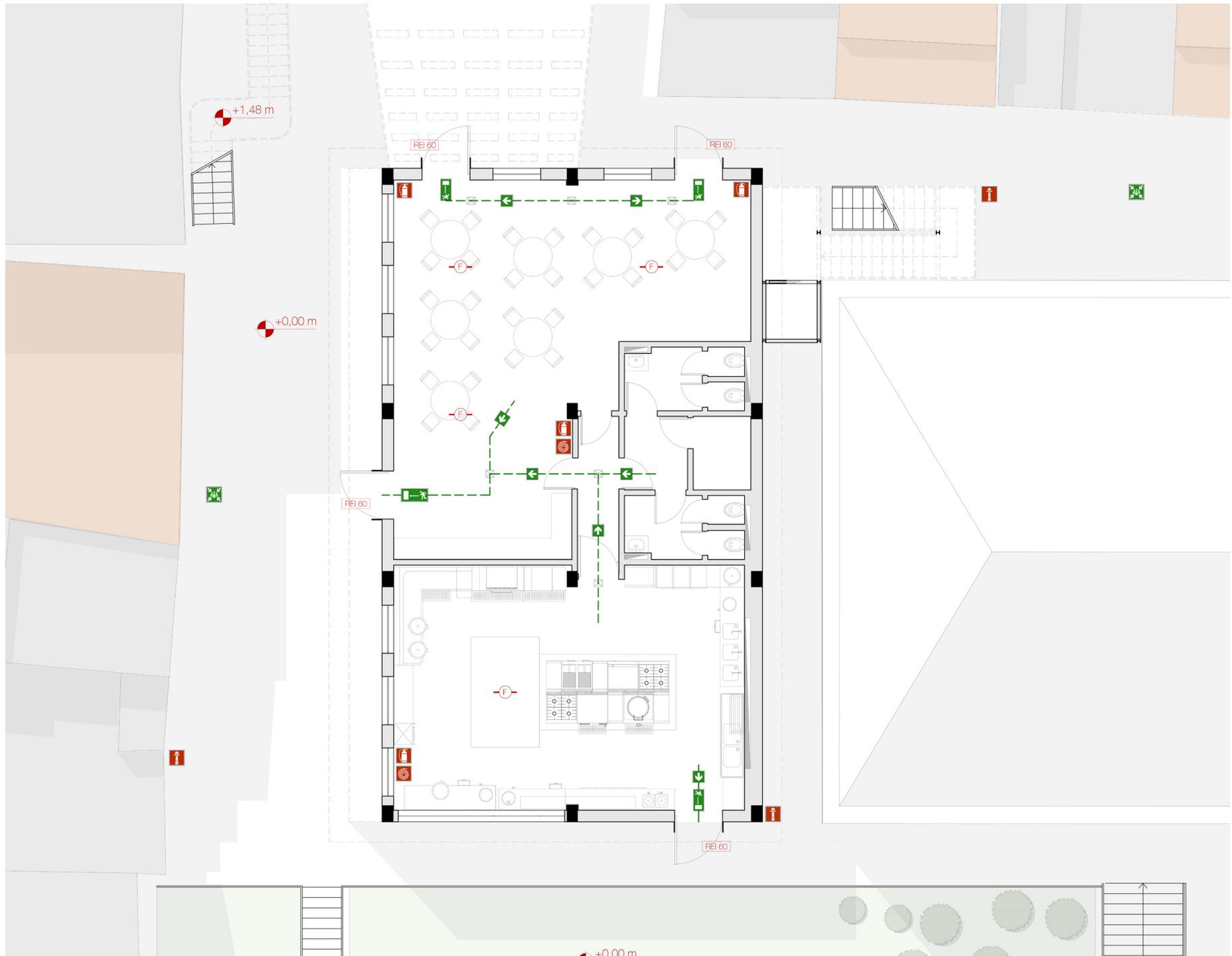


Figura 4.84 Pianta antincendio mensa

- Legenda
-  Uscita d'emergenza
 -  Punto di raccolta / Luogo sicuro
 -  Estintore in polvere A-B-C
 -  Idrante a parete DN 45, con manichetta flessibile da 20 m
 -  Attacco idrico esterno per VFF
 -  Via d'esodo
 -  Illuminazione vie d'esodo
 -  Porta REI 60
 -  Rilevatore puntuale di fumo
 -  Via d'esodo verticale

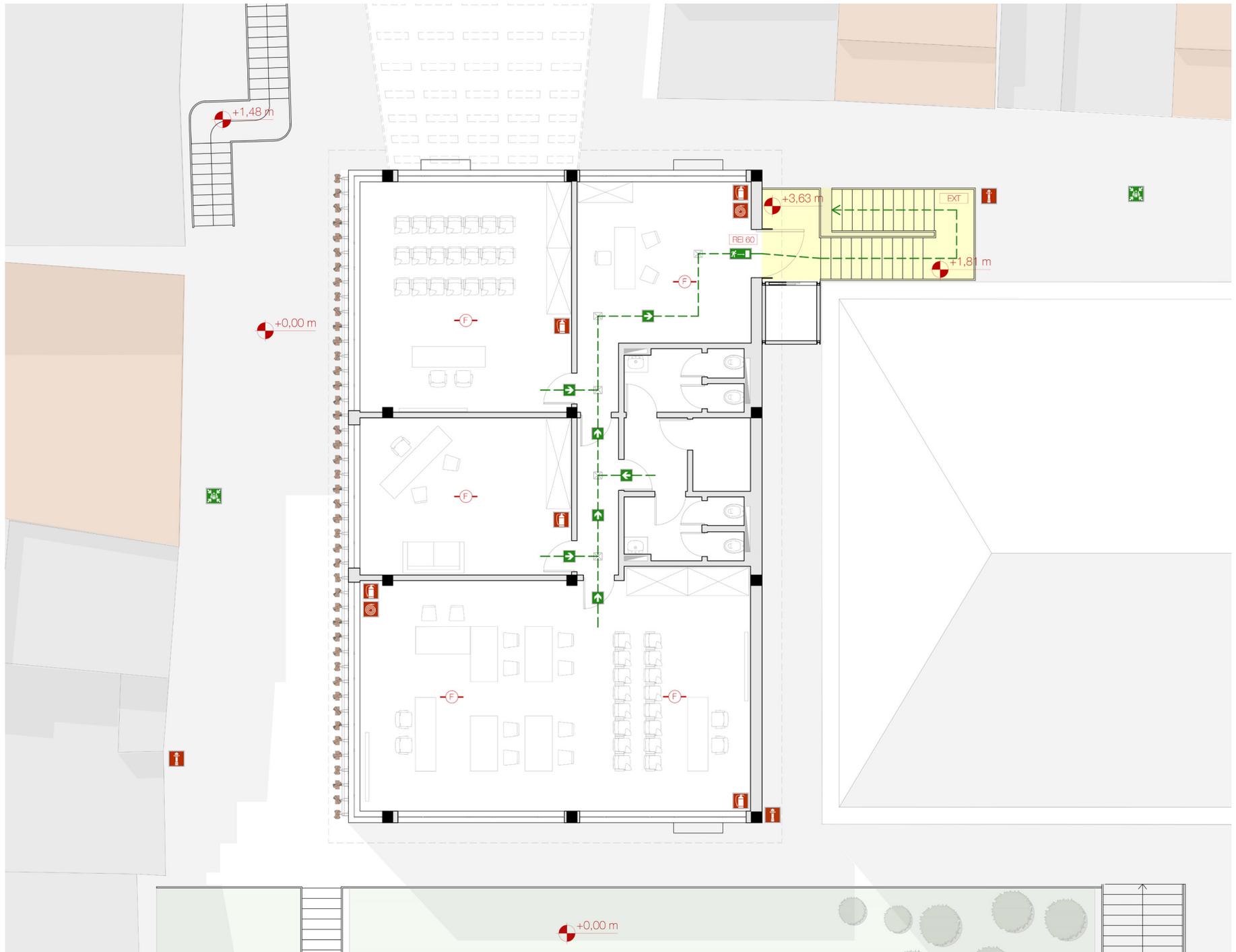


Figura 4.85 Pianta antincendio centro di formazione

4.8 Analisi illuminotecnica

La presenza della luce naturale ha un'influenza diretta sulla vivibilità degli ambienti, la capacità visiva di ogni individuo è frutto di un adattamento alla luce che proviene dal sole e dalla volta celeste; da ciò deriva il ruolo strategico che l'illuminamento naturale riveste per lo svolgimento delle attività, la cui inadeguatezza, provoca problemi di natura psico-fisica che spesso interessano gli utenti che si trovano in spazi illuminati esclusivamente da sorgenti luminose artificiali.

Questa problematica è ancora elemento di dibattito, in quanto, mentre le capacità visive sono originariamente sviluppate per le attività all'aperto, ai giorni nostri, la società moderna ed industrializzata in cui viviamo predilige le attività svolte in ambienti chiusi e statici, all'interno degli edifici e al riparo dagli agenti esterni. Proprio a causa di tali consuetudini ormai consolidate, oggi è cruciale il ruolo giocato dalla luce naturale sull'umore, sulla fisiologia, sulla psicologia, e in generale sul benessere complessivo delle persone, anche se non esistono delle regole precise, atte a garantire, per ciascun tipo di attività, una buona illuminazione naturale in uno specifico spazio.

Le aperture, che consentono alla luce di penetrare all'interno dell'ambiente, dovrebbero essere, in rapporto al volume complessivo, in armonia con la distribuzione interna degli spazi ed in accordo con le caratteristiche formali delle facciate. Esse, dovrebbero essere proporzionate e collocate in modo da assicurare, nelle diverse ore del giorno, una confortevole distribuzione della luce evitando il più possibile i fenomeni di abbagliamento. Ciò posto, ne consegue che, in fase di progetto, l'impiego della luce naturale impone che vengano studiate soluzioni in grado di fornire una risposta adeguata sia alle esigenze visive che a quelle architettoniche, con influenza diretta sulla distribuzione funzionale degli spazi, il benessere termico e visivo degli utenti, la struttura ed il comportamento energetico dell'edificio, l'utilizzazione di luce artificiale ed i relativi sistemi di controllo.

Nell'ottica del rispetto delle condizioni di benessere psico-fisiche, riveste notevole importanza l'individuazione e la corretta progettazione delle aperture trasparenti; permettendo l'ingresso della radiazione solare, i materiali trasparenti in edilizia svolgono un ruolo critico per quanto concerne sia l'illuminazione naturale, sia il carico termico complessivo dell'edificio contribuendo al riscaldamento degli ambienti. Appare evidente l'importanza dell'orientamento dell'edificio, le dimensioni, la forma delle superfici trasparenti ed i materiali utilizzati. Se da un lato, ampie finestre consentono il lavoro dell'individuo in ambienti ampiamente illuminati dalla luce naturale, dall'altro obbligano a proteggersi dall'elevato carico termico e dai fenomeni di abbagliamento e discomfort visivo.

Differentemente dalla progettazione fatta per l'illuminazione artificiale, la progettazione di un sistema che assicuri il mantenimento delle condizioni di benessere visivo tramite l'impiego dell'illuminamento naturale presenta delle problematiche più complesse; innanzitutto la disponibilità di luce naturale non può essere decisa e controllata dal progettista; sono le caratteristiche climatiche del sito di progetto, la latitudine, le stagioni, che governano la dis-

tribuzione e l'intensità dell'illuminazione, di primaria importanza risultano inoltre, l'orientamento dell'edificio, gli ombreggiamenti portati dagli edifici circostanti e le caratteristiche architettonico-volumetriche dello stesso.

Una delle conseguenze positive più immediate di un'analisi che massimizza l'apporto di luce solare, è quella di ottenere una sensibile diminuzione del consumo di energia elettrica che farebbe pensare ad una migliore gestione delle risorse a disposizione; in realtà, il discorso risulta più complesso in quanto, è da considerarsi l'effetto causato dall'elevata energia termica in ingresso per irraggiamento, positivo nella stagione invernale, ma estremamente negativo nella stagione estiva, perchè provoca un maggiore uso degli impianti di raffrescamento.

Infine, bisogna considerare come fattore aggiuntivo, in termini di potenza termica, anche l'apporto dato dai sistemi di illuminazione artificiale necessari ad integrare, l'illuminazione naturale. Risulta di indiscutibile importanza il contributo che questa forma di energia "gratuita" è in grado di donare, non associato solamente al risparmio di energia ma anche alla riduzione delle emissioni di sostanze inquinanti nell'atmosfera; la necessità di limitare l'uso dei combustibili fossili, nel corso degli ultimi anni, è diventata una questione fondamentale negli equilibri economico-politici globali, spinta da una nuova sensibilità e coscienza per l'ambiente che ci circonda.

4.8.1 Daylighting factor e Annual daylight illuminance

La valutazione della luce naturale in ingresso nell'edificio è stata effettuata utilizzando Sefaira Daylighting plug-in, il software permette di utilizzare un modello Sketchup dell'edificio ed effettuare delle simulazioni sulla distribuzione interna della luce naturale. L'analisi svolta ha riguardato i seguenti parametri:

- **Daylighting factor** : Tale coefficiente viene definito come il rapporto tra l'illuminamento che si ha in un punto dell'ambiente per effetto dell'illuminazione dovuta alla sola componente diffusa (ipotesi di cielo coperto standard) ricevuta da un cielo di nota distribuzione di luminanza (per quanto riguarda l'illuminamento esterno, viene comunemente assunto il valore di 5000 lx), in assenza di ostruzioni, e l'illuminamento che, nello stesso istante, si avrebbe su una superficie orizzontale esposta all'aperto e schermata dall'irraggiamento solare diretto.

- **Annual daylight illuminance** : Rappresenta la percentuale di ore di occupazione dell'edificio, considerate annualmente, in cui si ha un determinato livello di illuminamento (lux), tale parametro è considerato facendo riferimento ad una quota utile di 0,85 m dal pavimento. La normativa utilizzata è la UNI EN 12464-1 e la UNI 10380 e prescrive, in riferimento all'Annual daylight illuminance, in base alla destinazione d'uso dell'ambiente considerato, dei requisiti minimi tabellari da rispettare per garantire all'interno dei vari spazi di progetto degli adeguati standard di illuminamento. Le verifiche seguenti hanno permesso di verificare la congruità degli oscuramenti che riducono il rischio di fenomeni di discomfort da abbagliamento.

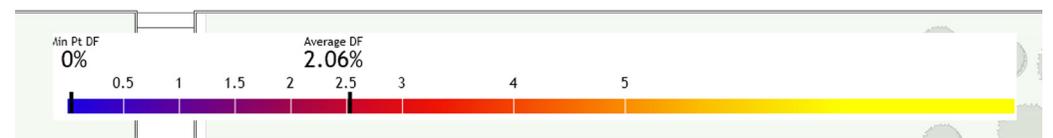
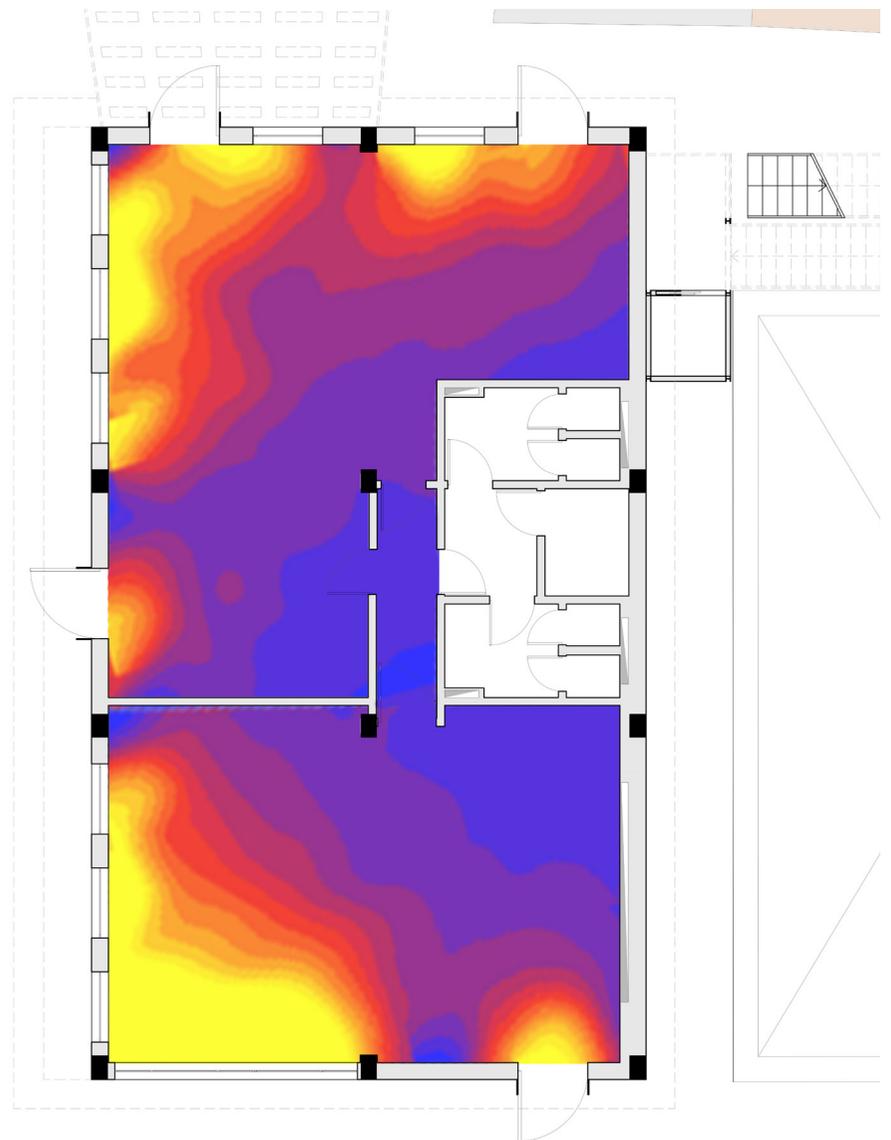
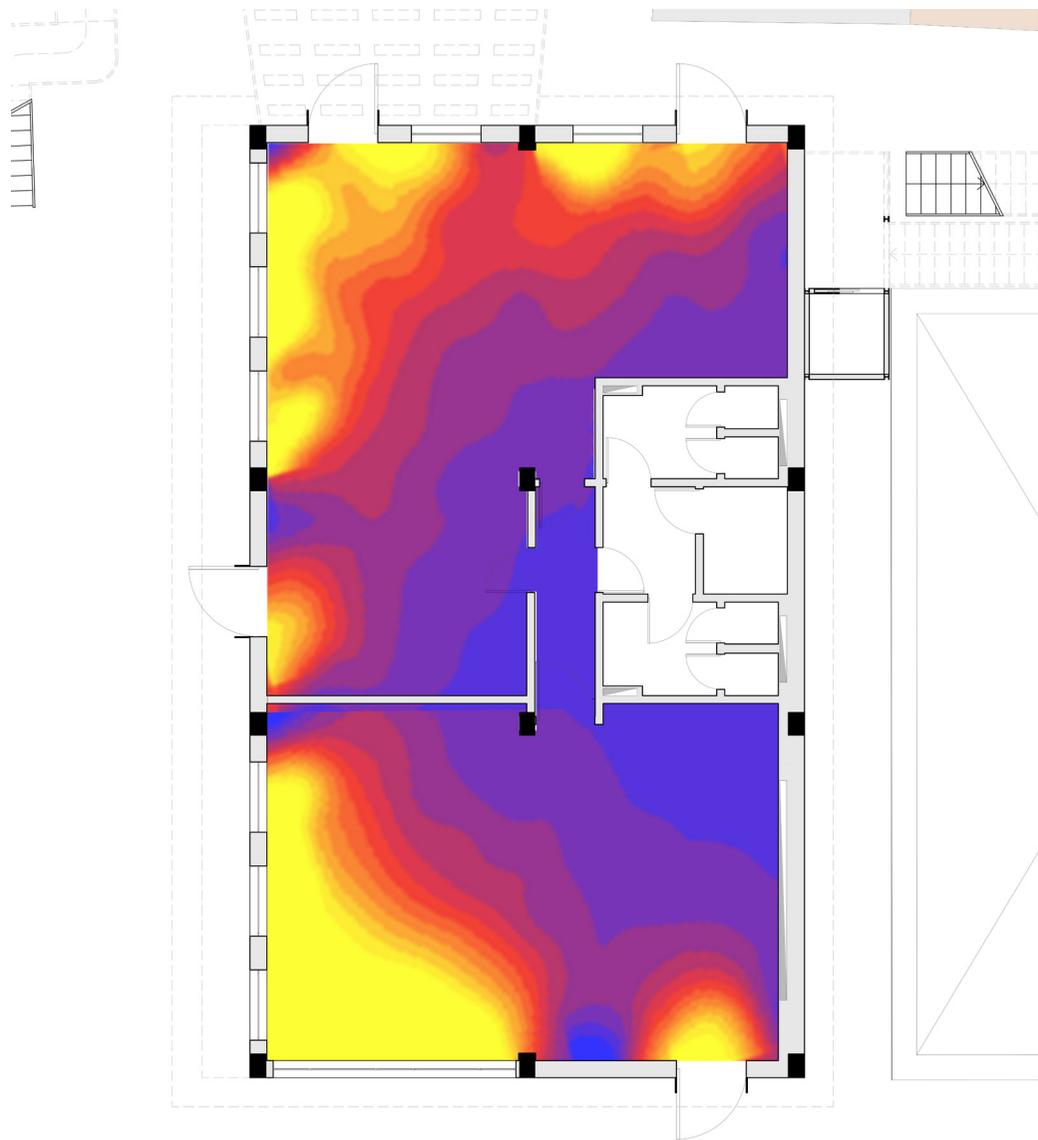


Figura 4.86 Daylighting factor mensa senza sistema di oscuramento

Figura 4.87 Daylighting factor mensa con sistema di oscuramento

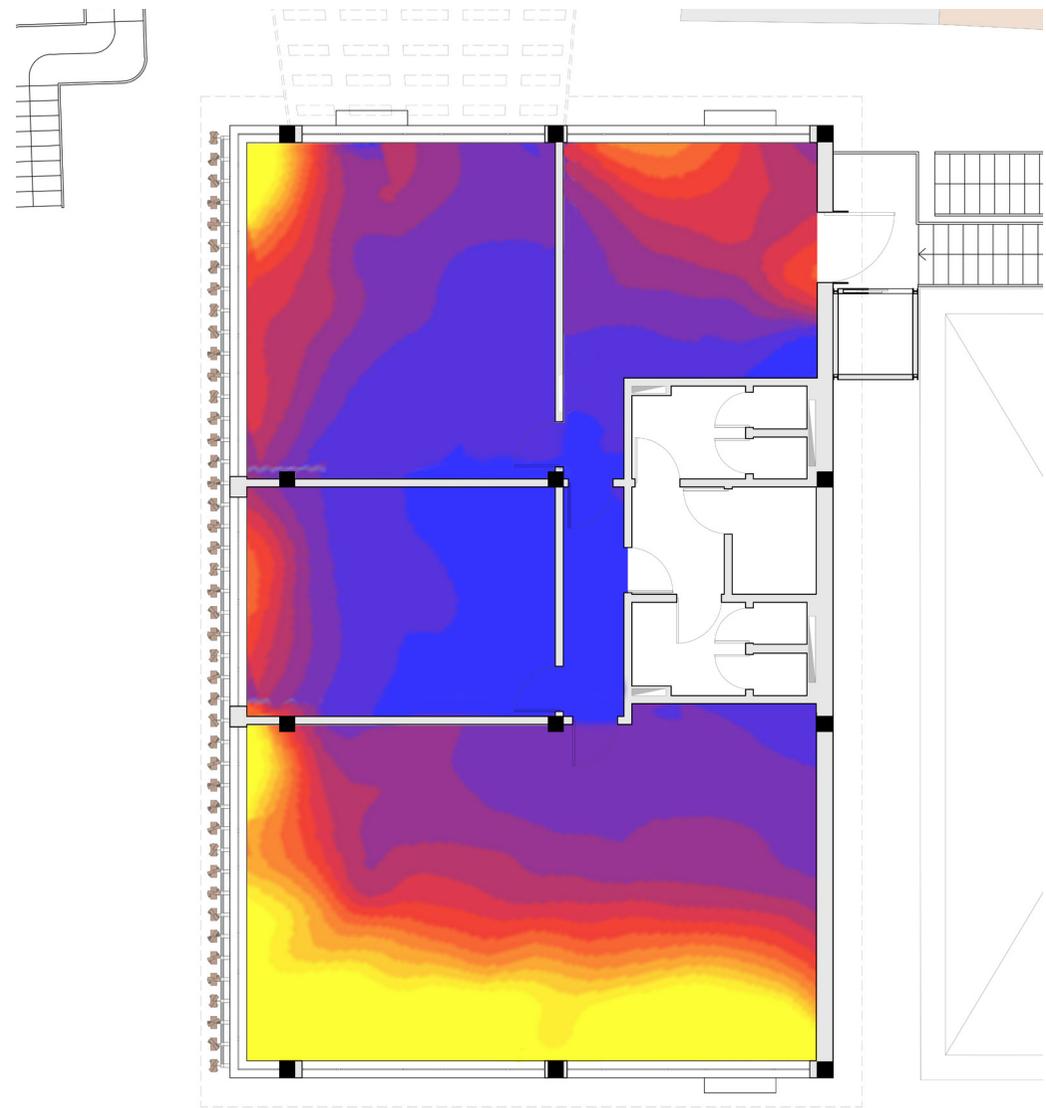
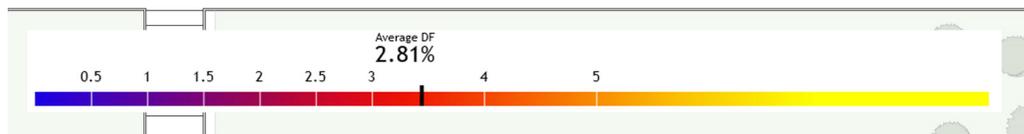
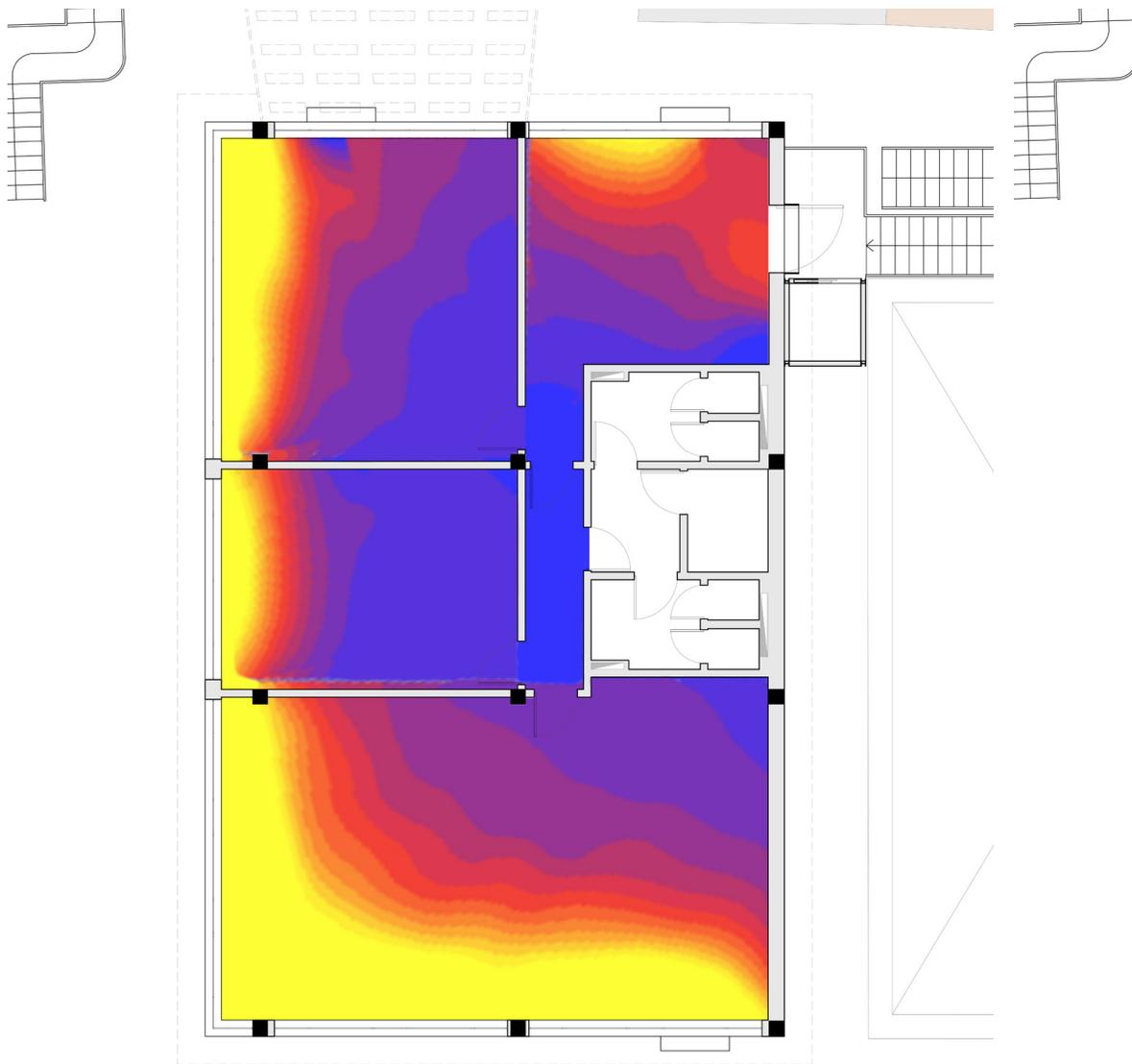


Figura 4.88 Dalighting factor centro di formazione senza sistema di oscuramento

Figura 4.89 Dalighting factor centro di formazione con sistema di oscuramento

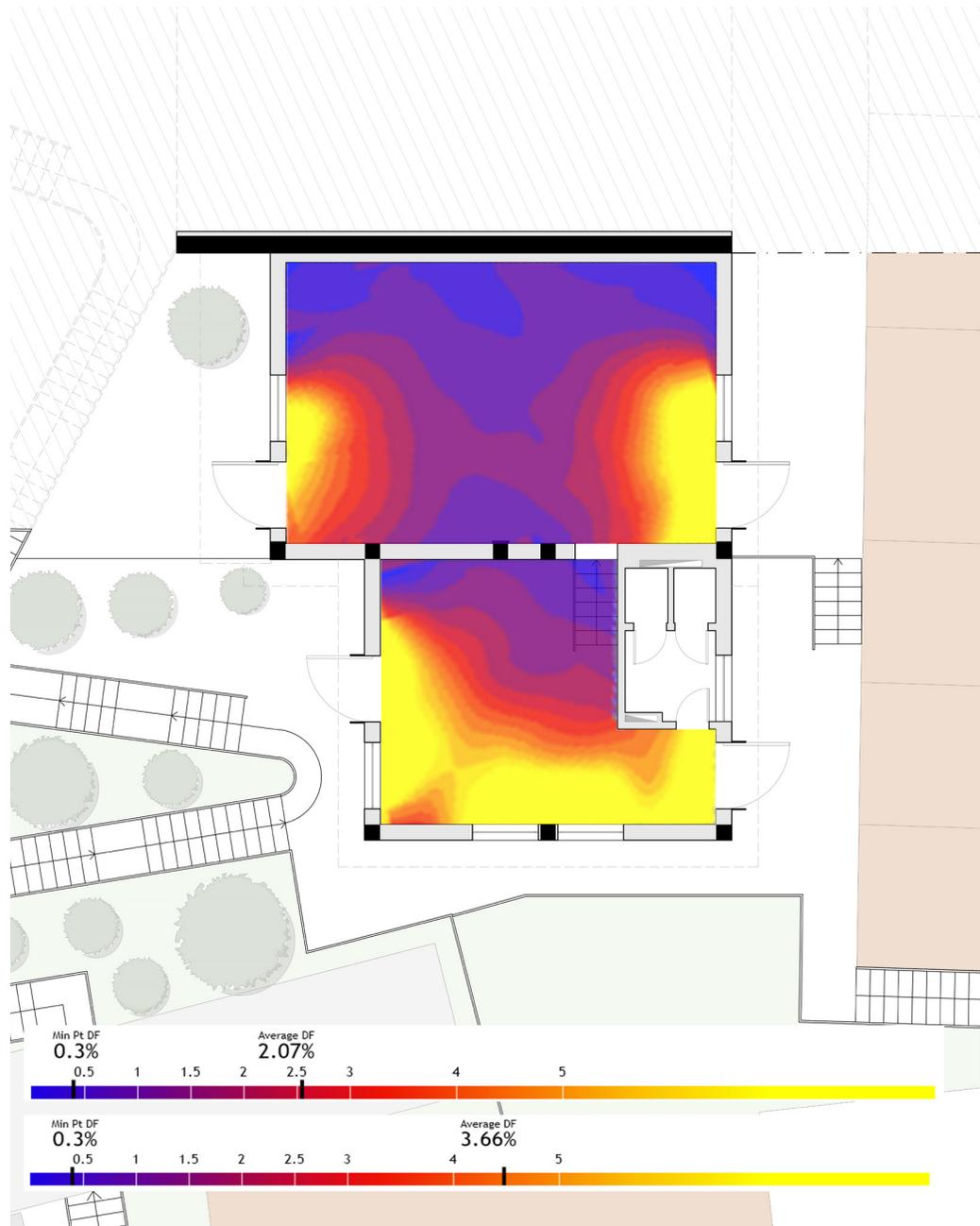


Figura 4.90 Dalighting factor infopoint e laboratori di cucina

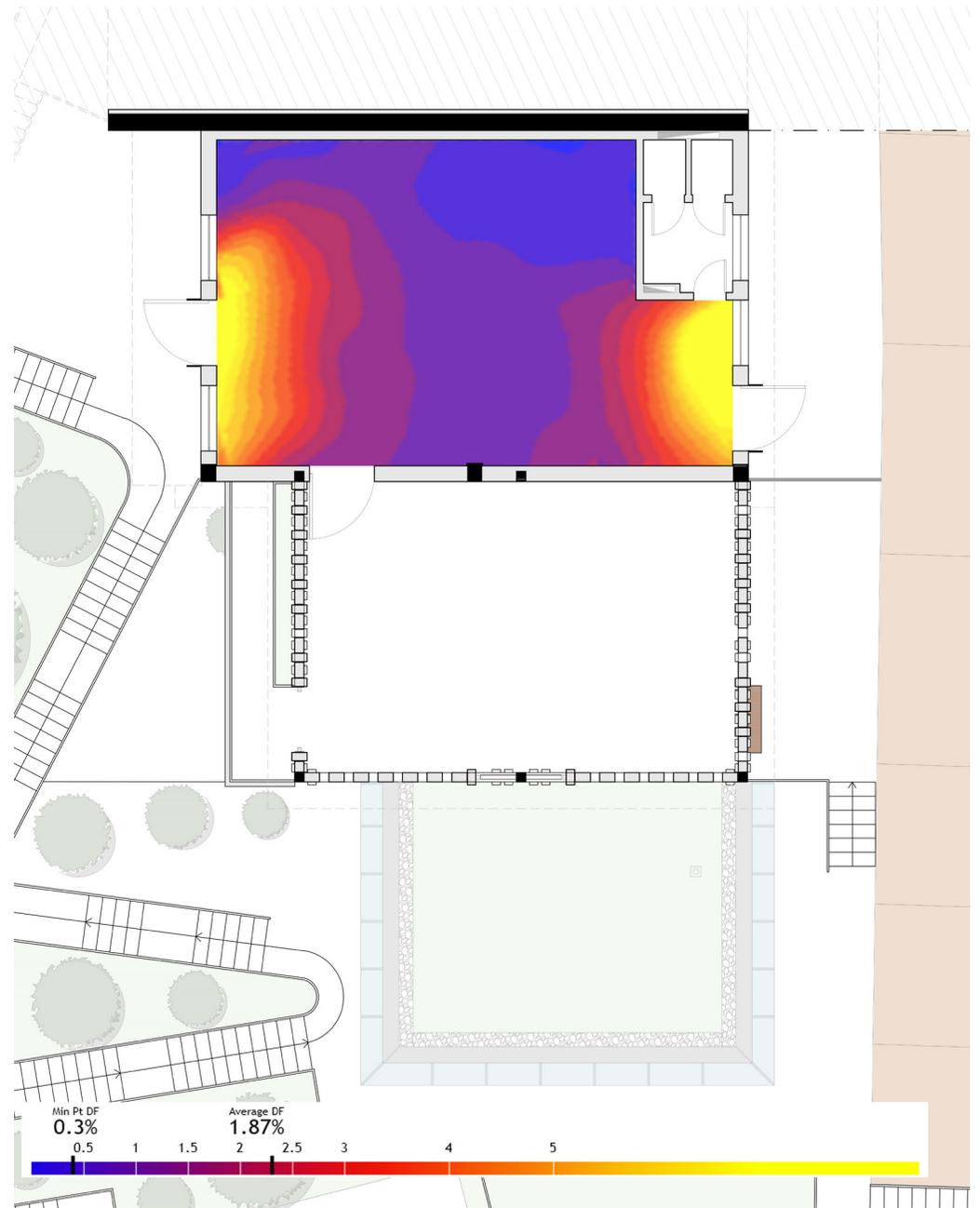


Figura 4.91 Dalighting factor associazione "Il sorriso dei miei bimbi"

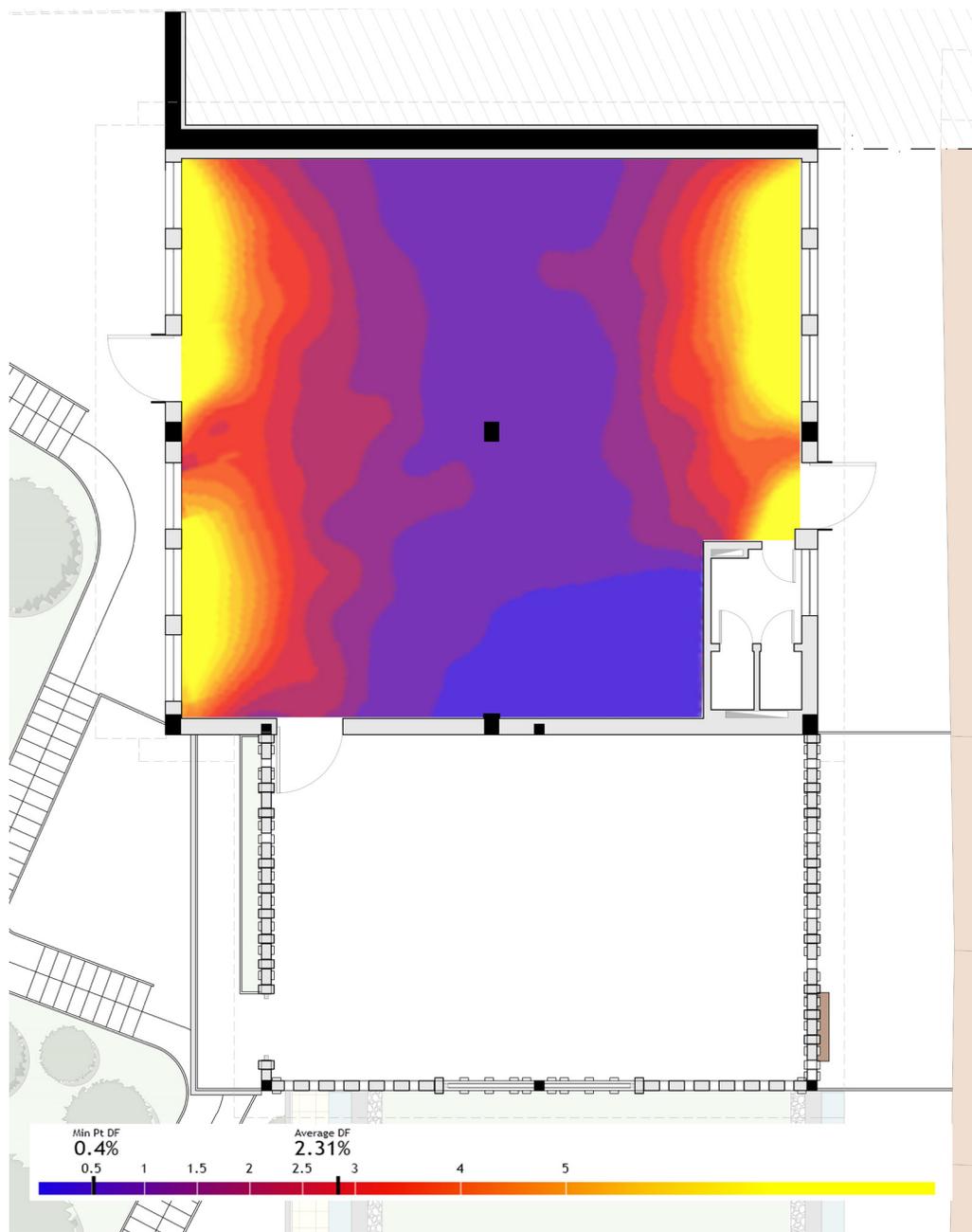


Figura 4.92 Dalighting factor mercato frutta e verdura

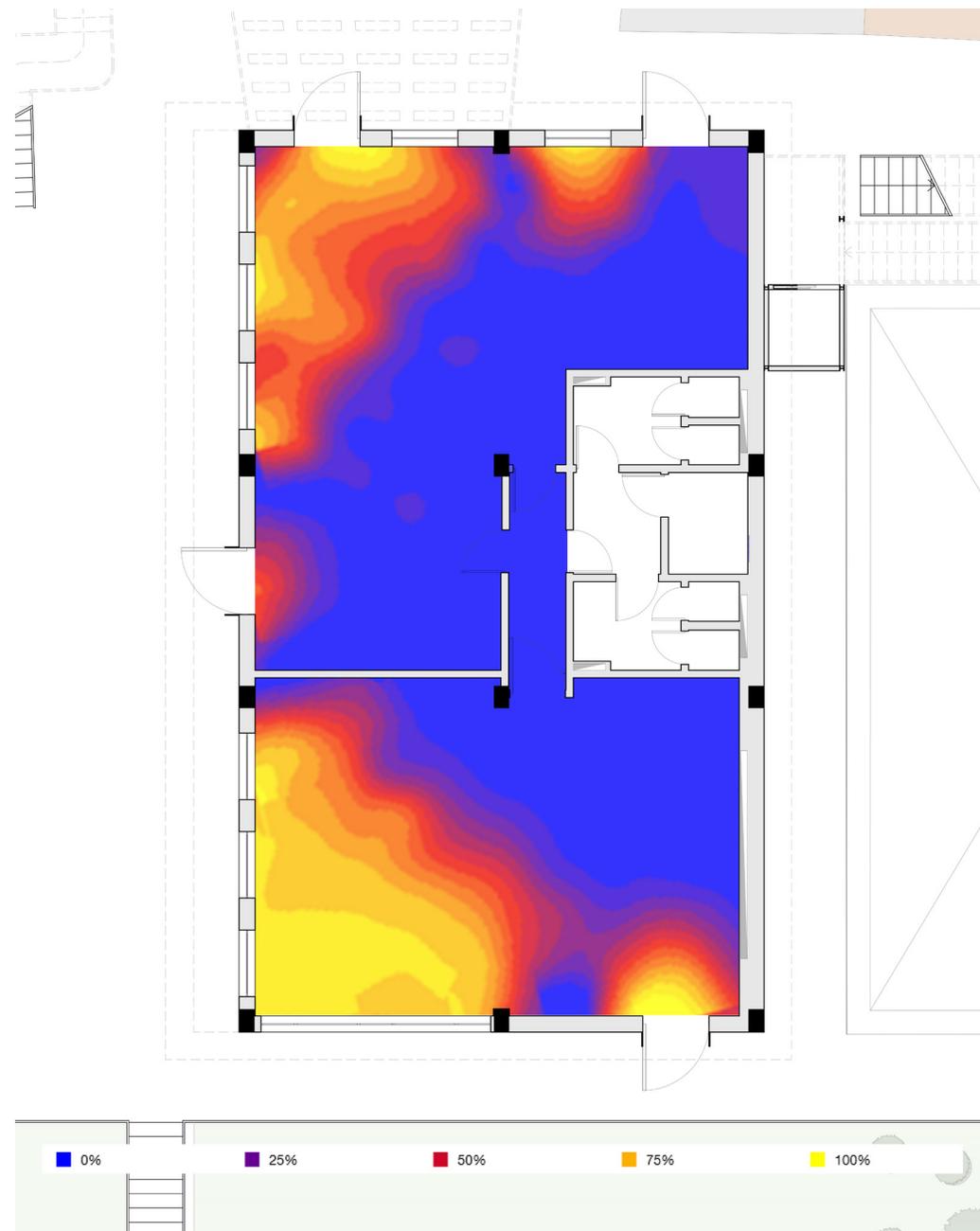


Figura 4.93 Illuminamento (lux) mensa

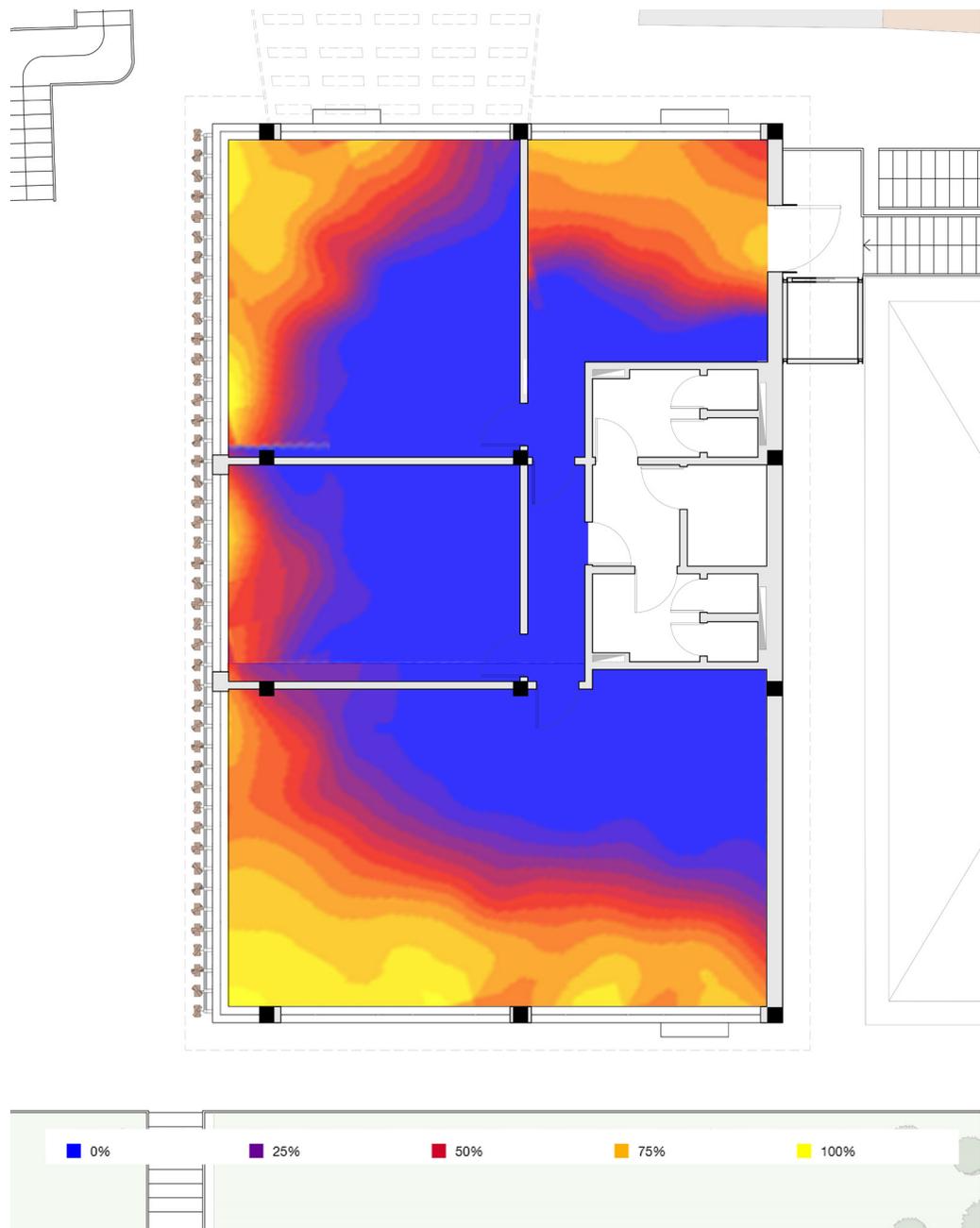


Figura 4.94 Illuminamento (lux) centro di formazione

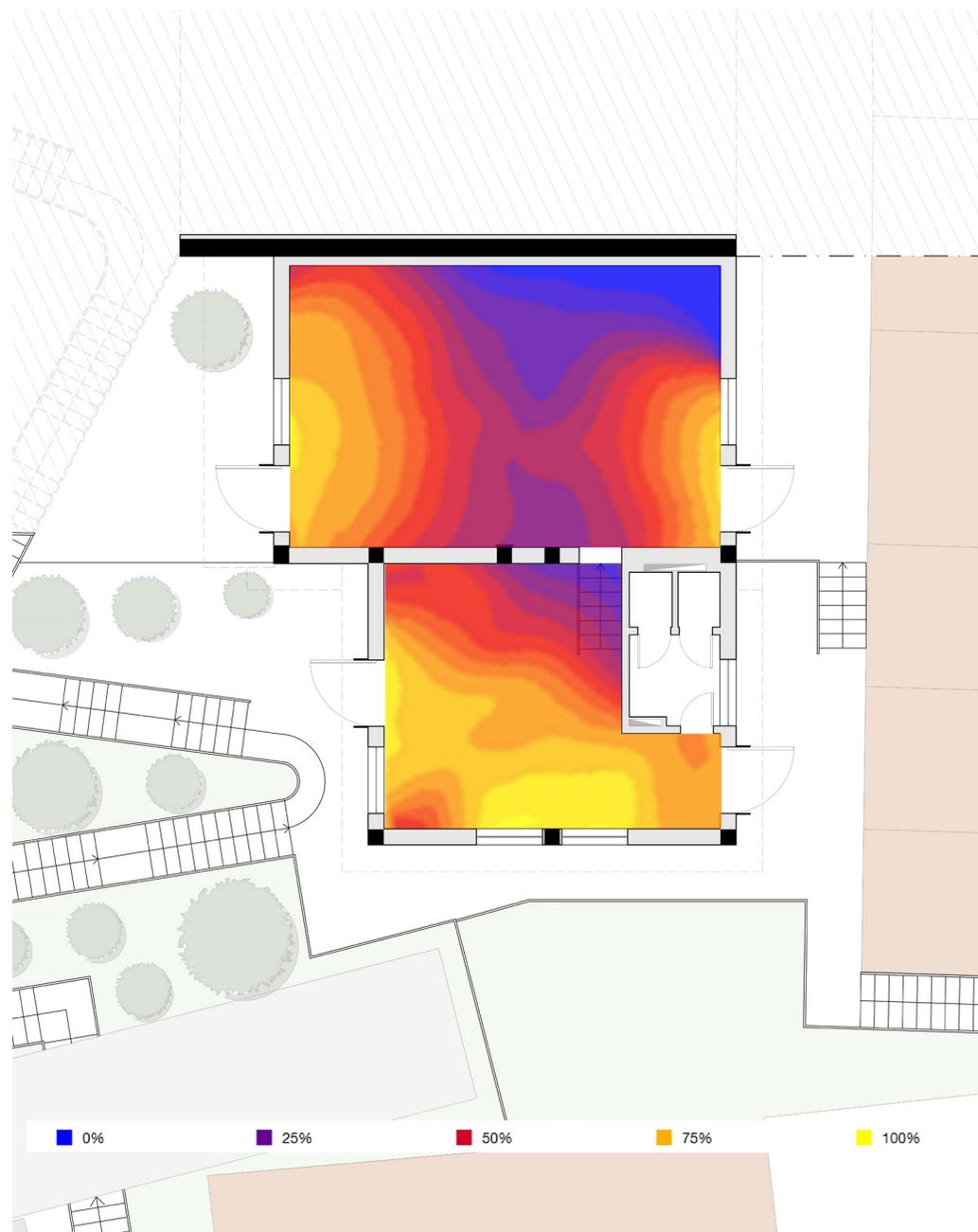


Figura 4.95 Illuminamento (lux) associazione "Il sorriso dei miei bimbi"

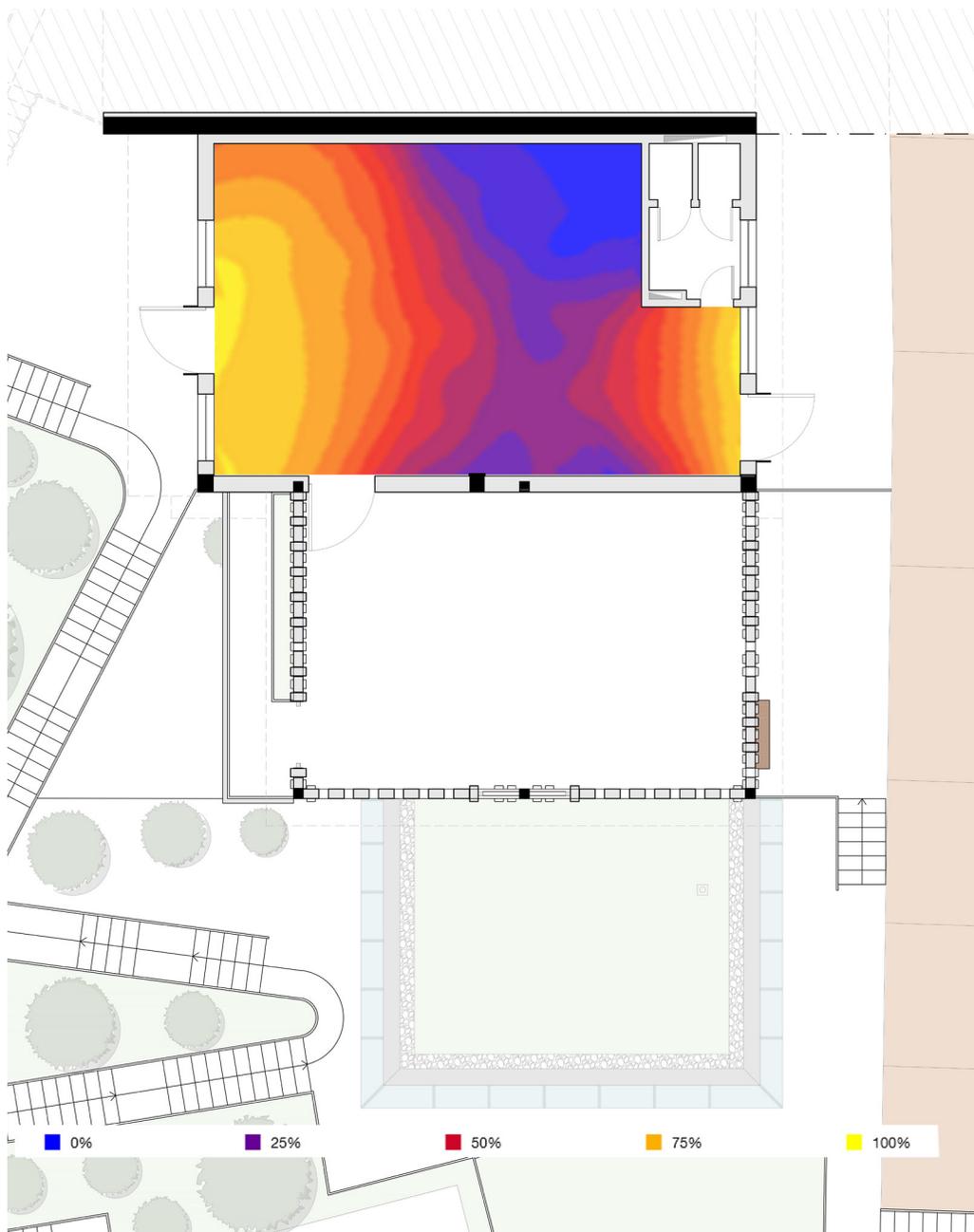


Figura 4.96 Illuminamento (lux) associazione "Il sorriso dei miei bimbi"

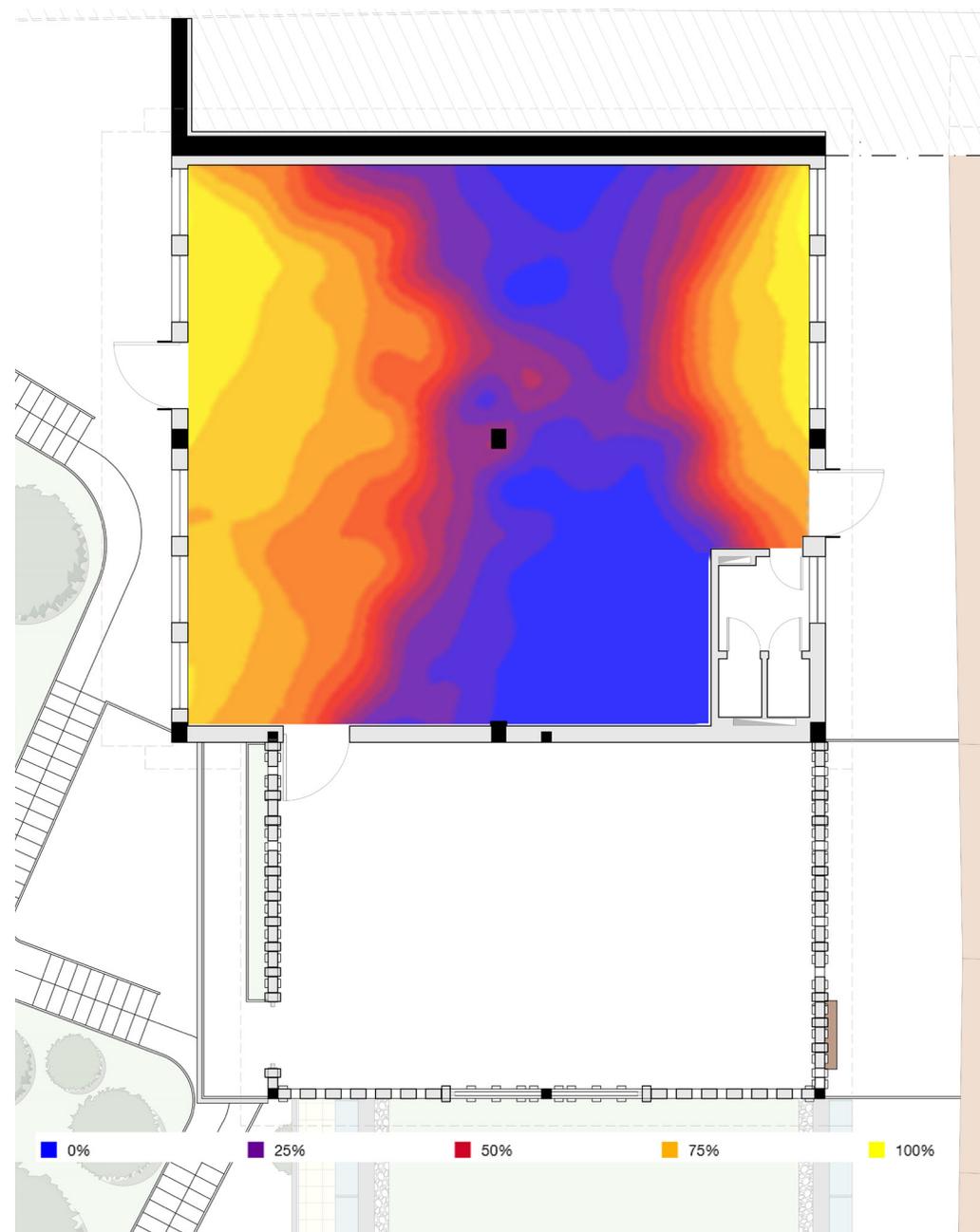


Figura 4.97 Illuminamento (lux) mercato frutta e verdura

4.9 Strategie energetiche

Il tempo descrive le condizioni atmosferiche in un dato momento, il clima di un luogo rappresenta la media delle condizioni meteorologiche monitorate sul lungo periodo. I principali elementi che caratterizzano il clima sono la temperatura dell'aria, la radiazione solare, l'umidità e i venti, questi parametri sono stati descritti precedentemente.

Risulta importante analizzare il microclima del luogo che si riferisce al clima di una zona geografica locale in cui i parametri atmosferici medi differiscono in modo caratteristico e significativo da quelli delle zone circostanti a causa di peculiarità topografiche, orografiche, geomorfologiche e ambientali. I microclimi locali sono quindi alla base di differenze meteo-atmosferiche che si registrano localmente su un'ampia fetta di territorio.

Il termine può anche riferirsi al complesso delle condizioni climatiche esistenti nella vicinanza del suolo rispetto alla vegetazione più alta. Il concetto rientra dunque nell'ambito della variabilità climatica spaziale, formando un modello di clima su piccola scala influenzato dai seguenti parametri: topografia, struttura del suolo, copertura del suolo e urbanizzazione.

Morfologia del terreno

Dal punto di vista topografico, le caratteristiche del terreno, come montagne, valli e laghi, influenzano le condizioni climatiche della regione, tenere in considerazione la morfologia del territorio è di primaria importanza per una progettazione sapiente; nello specifico l'area di progetto presenta una notevole pendenza, ciò genera dei benefici, in termini di orientamento, ma presenta delle problematiche di areazione.

Assetto urbano

L'assetto della favela, influenza notevolmente il clima circostante, creando notevoli differenze rispetto alle zone rurali, ciò a causa del surriscaldamento che impianti e servizi provocano, questo fenomeno prende il nome di "isola di calore urbana". Gli aspetti peculiari che caratterizzano il clima nelle aree urbanizzate sono:

- temperature dell'ambiente elevate, anche di sera;
- riduzione della velocità del vento a causa della presenza massiva di edifici, che contribuisce all'aumento dell'umidità dell'aria;
- riduzione della radiazione solare diretta con incremento della radiazione solare diffusa.

Influenze del clima sulle strategie di progetto

Le diverse caratteristiche climatiche impongono una variazione delle condizioni di comfort richieste, poichè le cause fisiologiche di stress climatico differiscono da un tipo di clima ad un altro; il clima di Rio de Janeiro è caldo e umido, in base a queste caratteristiche, viene data enfasi alla ventilazione naturale, poichè l'elevata umidità dell'aria crea disagio per gli individui; il movimento dell'aria sulla pelle riduce la temperatura percepita.

Il verde circostante l'area di progetto, offre percorsi protetti ed ombreggiati; il verde è predisposto per favorire il movimento e la dispersione dell'aria umida, prediligendo l'uso di piante alte con fogliame leggero che non ostruiscano il passaggio dell'aria e consentono una migliore permeabilità dei flussi attraverso la chioma.

La presenza delle montagne circostanti favorisce una minore esposizione alla radiazione solare, ma bisognerebbe incrementare la ventilazione per renderla prioritaria.

4.9.1 Architettura bioclimatica

L'architettura bioclimatica può essere definita come la branca della progettazione architettonica che ha come obiettivo la creazione di edifici razionali energetici adatti a soddisfare i bisogni fisiologici dell'uomo, attraverso l'uso prudente delle potenzialità naturali del contesto climatico di collocazione dell'edificio.

I vantaggi ottenibili con questo tipo di design sono i seguenti:

- risparmio e ottimizzazione delle risorse energetiche, da perseguire riducendo l'uso di fonti inquinanti e dei relativi rifiuti a favore di un maggiore utilizzo di fonti rinnovabili;
- miglioramento del comfort ambientale e degli standard di qualità della vita della popolazione;
- sostenibilità dell'opera tramite la riduzione dei costi di costruzione e di gestione.

I criteri definiti precedentemente, vengono applicati concretamente nel progetto secondo le seguenti azioni:

- raccolta e riuso dell'acqua piovana, tramite serbatoio cisterna interrati, finalizzato agli usi interni secondari (scarico dei servizi, irrigazione orto urbano, lavaggio superfici ecc.), con conseguente risparmio d'acqua e riduzione del carico idrico che interessa la rete di drenaggio;
- riciclo e riuso di materiali provenienti da vecchi cantieri in disuso per contribuire alla rigenerazione urbana di alcune aree degradate;
- utilizzo della plastica prodotta dalla popolazione della favela che solitamente diventa rifiuto, per realizzare, tramite una specifica macchina brevettata, i blocchi perimetrali dell'edificio che successivamente vengono intonacati;
- sensibilizzazione della popolazione alla riscoperta del valore della terra, con la coltivazione partecipata degli orti urbani, in cui il contributo, fornito dall'intera comunità, permette di ottenere prodotti a Km 0.

- formazione e percorsi didattici pensati per la comunità, permettono di creare delle figure professionali che contribuiscono concretamente alla realizzazione di alcune parti di edifici di intervento, accrescendo il senso di appartenenza della comunità verso di esso.

4.9.1.1 Strategie passive

I sistemi di raffreddamento passivo riguardano tutti quei processi di dispersione del calore che avvengono naturalmente, senza adottare strumenti meccanici e senza consumo di energia, ciò consiste principalmente nell'ottenimento di un apprezzabile effetto di raffreddamento degli spazi interni di un edificio; l'uso di unità di condizionamento dell'aria ha causato una variazione del consumo di energia elettrica di picco.

"Gli spazi cementificati, si riscaldano molto velocemente e si raffreddano molto lentamente, al contrario di quanto accade nelle campagne circostanti.

L'accumulo di energia termica e la difficoltà di disperderla poi nello spazio sono dovuti anche alla forma stessa degli spazi urbani, spesso caratterizzati da un'edificazione di tipo intensivo.

Le strade strette determinano effetti multipli di riflessione/radiazioni tra pareti vicine degli edifici stessi, con conseguente riscaldamento delle masse d'aria con le quali sono a contatto.

Durante le ore notturne, la situazione non migliora: l'irraggiamento infrarosso del calore accumulato durante il giorno viene intercettato dagli edifici che si fronteggiano, anziché disperdersi nello spazio. I sistemi di condizionamento dell'aria degli ambienti confinati e il traffico autoveicolare non fanno poi che ag-

gravare la situazione, generando altro calore".¹ Alla base delle strategie di raffreddamento passivo ci sono due azioni distinte:

1) Abbassamento del calore interno accumulato;

2) Riduzione del carico termico proveniente dall'ambiente esterno e dovuto principalmente agli apporti solari diretti.

“Per la riduzione del calore in interno si può sfruttare la **ventilazione trasversale o cross ventilation**; tale processo è innescato quando l'aria entra in una stanza o in un edificio attraverso una o più aperture poste su un lato e lascia l'edificio passando attraverso una o più aperture poste su un altro lato. In questo caso il flusso d'aria può essere generato sia dalla presenza del vento, che dalla differenza di pressione dell'aria tra i due lati dell'edificio. Riuscire a modificare il microclima interno all'edificio per mezzo della cross ventilation, è sempre stata una strategia tradizionale, caratteristica dei climi caldo-umidi.

Sostanzialmente, infatti, la differente temperatura di masse d'aria ne diversifica densità e parametri connessi, anche in forza del fatto che le parti più fredde, quindi più pesanti, tenderanno a miscelarsi con quelle più rarefatte, più leggere. Risulta quindi importante affrontare la gestione della ventilazione trasversale naturale con la massima attenzione, intervenendo con accorgimenti in grado di affiancare alla scelta dei materiali di finitura, elementi ombreggianti, l'introduzione di dispositivi in grado di riflettere il calore se non anche di schermarlo.

¹ https://www.mybestlife.com/ambiente/Bio-architettura/Verde_in_citta.htm

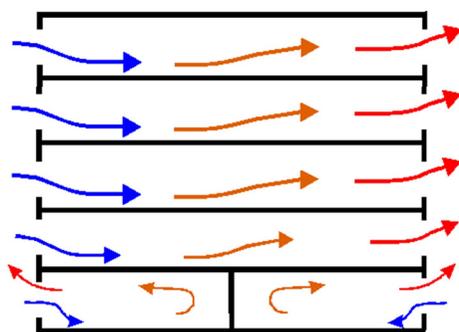


Figura 4.98 Cross ventilation edificio esempio

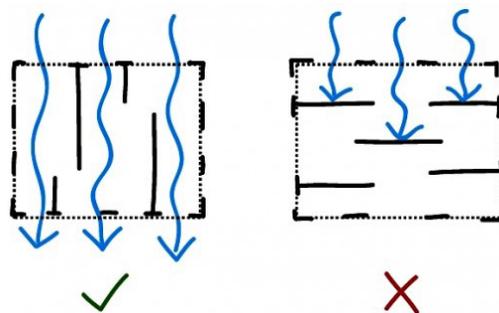


Figura 4.99 Cross ventilation pianta esempio, corretto a sinistra, errato a destra

Tra gli specifici accorgimenti per attivare la ventilazione trasversale, in riferimento alla disposizione di infissi apribili, si possono evidenziare in sintesi i seguenti:

- Realizzare aperture sopravento (sottoposte all'azione diretta del vento), ed aperture sottovento (vengono investite dal vento in un secondo momento), al fine di migliorare l'efficacia della ventilazione naturale;
- cercare il più possibile di allineare le aperture in modo da massimizzare la formazione della corrente d'aria in ingresso;
- Realizzare aperture sopravento (sottoposte all'azione diretta del vento), ed aperture sottovento (vengono investite dal vento in un secondo momento), al fine di migliorare

l'efficacia della ventilazione naturale;

- cercare il più possibile di allineare le aperture in modo da massimizzare la formazione della corrente d'aria in ingresso;
- Ridurre la profondità degli ambienti dotati di più aperture disposte perimetralmente e non contrapposte;
- Laddove possibile, approfittare del fatto che i venti incidenti con inclinazione di 45° sulle facciate esterne attivano una ventilazione trasversale estremamente più performante della perpendicolare".²

“Un altro accorgimento per l'abbassamento del calore all'interno dell'edificio è l'utilizzo di **tetti verdi**, riassumiamo nel seguito i principali benefici di questa soluzione ecologica:

- ottimizzazione delle superfici, un tetto verde permette la realizzazione di uno spazio fruibile per svariati utilizzi. Da biotopi, a giardini rilassanti o aree per attività sportive e ricreative, il tetto verde permette di realizzare spazi supplementari aumentando il valore economico dell'immobile;
- aumento della qualità della vita, il verde pensile valorizza notevolmente l'immagine delle nostre città e l'ambiente abitativo e lavorativo viene percepito con una sensazione di maggiore benessere. L'architettura urbanistica e paesaggistica impiega le tecnologie del verde pensile proprio per questo come elemento creativo;
- miglioramento del clima, il processo di evaporazione sui tetti verdi rende l'aria più umida e contribuisce al raffreddamento delle temperature nell'area circostante. Questo effetto, oltre a favorire le abitazioni contigue, migliora il microclima dei centri urbani;
- considerevole ritenzione idrica, Il tetto verde evapora più della metà delle precipitazioni an-

² <http://www.ingegneri.info/news/edilizia/cross-ventilation-progettare-le-aperture-per-la-ventilazione-trasversale/>

nue. Secondo il tipo di struttura di tetto verde si riduce la dispersione idrica del 50% – 90%, decongestionando impianti di depurazione, canalizzazioni comunali, impianti di scarico ecc;

- filtrazione di polveri e sostanze inquinanti, la vegetazione filtra fino al 20% delle polveri nell'aria. Le sostanze nocive come nitrati vengono smaltiti grazie alla copertura a verde, contribuendo alla diminuzione delle polveri e particelle di smog nelle zone urbane;
- protezione del manto impermeabile, un tetto verde protegge il manto impermeabile da agenti atmosferici come raggi UV, dagli sbalzi termici e intemperie come la grandine. Aumenta in questo modo la durata del manto impermeabile, allungando in tal modo anche la durata della costruzione;
- Riduzione dell'inquinamento acustico, i tetti verdi riducono la riflessione acustica e proteggono sia dall'immissione sia dall'emissione di onde sonore. Il miglioramento dell'isolamento acustico risulta dall'ammortizzazione di vibrazioni della superficie a verde da un lato e la proprietà di assorbimento acustico della vegetazione dall'altro;
- isolamento termico aggiuntivo, il verde pensile migliora l'isolamento termico sia in estate sia in inverno. A ciò contribuiscono sia l'effetto d'isolamento termico sia l'effetto di raffreddamento delle temperature;
- la nascita di ecosistemi, i tetti verdi sono spazi di compensazione ambientale e creano nuovi habitat per piante e animali aumentando la biodiversità nelle zone urbane".³

³ <https://laboratorioklotznervillgrater.wordpress.com/2014/06/11/coperture-verdi/>

Per quanto riguarda la riduzione del carico termico proveniente dall'ambiente esterno si può fare riferimento alla corretta progettazione dell'edificio, garantendo la **protezione solare dell'involucro e l'ombreggiamento delle aperture**, evitare infatti che la radiazione solare diretta raggiunga l'edificio ed il suo interno.

Gli edifici di progetto presentano soluzioni diversificate per ciascuna facciata, al fine di ottimizzare la risposta alle forzanti climatiche. Per l'esposizione a Nord, la più gravosa a causa della radiazione solare diretta nelle ore più calde della giornata, l'edificio 3 è principalmente controterra ad eccezione degli spazi coperti chiusi lateralmente dalle pareti in cobogó, qui i forati compongono una maglia intrecciata a creare dei giochi di pieni e di vuoti sulle facciate che acquisiscono tridimensionalità, per questo lato la maglia presenta la maggiore percentuale di pieni, favorendo la protezione dal soleggiamento e la ventilazione naturale, nel complesso l'edificio risulta pertanto riparato, l'edificio 2 invece, gode dell'ombreggiamento fornito dalla passerella pedonale che conduce alla copertura praticabile dello stesso.

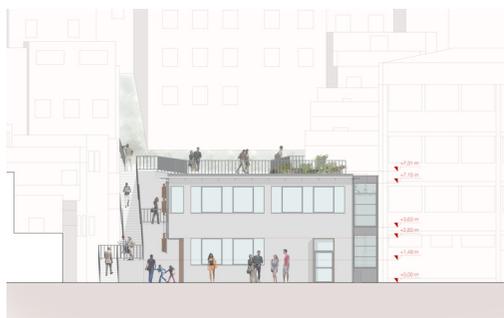


Figura 4.100 Lato Nord

Il lato Sud risulta il meno gravoso e per questo orientamento la percentuale di aperture aumenta al fine di massimizzare l'ingresso della luce naturale all'interno degli ambienti.



Figura 4.101 Lato Sud



L'esposizione di Est, riceve il soleggiamento al mattino, ma la protezione esercitata dagli alti edifici limitrofi, assicura, sia per l'edificio 2 che per l'edificio 3 un adeguato livello di schermatura dalla radiazione solare.

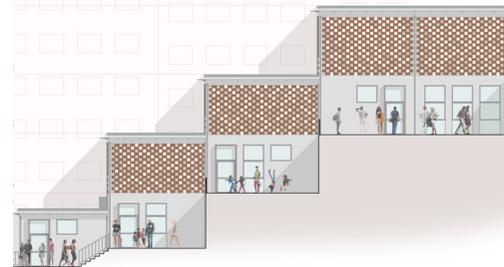


Figura 4.102 Lato Est

Per l'esposizione di Ovest, l'edificio riceve la radiazione solare dal primo pomeriggio, in questo caso per l'edificio 3, la schermatura è data dall'uso di balconi combinati con la facciata verde unita al cobogó che presenta apertura intermedia; per l'edificio 2, la schermatura è affidata al sistema di oscuramento.



Figura 4.103 Lato Ovest

Un altro contributo importante riguarda le **superfici di rivestimento esterno degli edifici**, il colore degli intonaci e le eventuali irregolarità superficiali, modulano il calore assorbito e irradiato nell'ambiente, poichè le colorazioni chiare sono associate ad un ridotto assorbimento del calore solare, esse sono state preferite.

Il colore bianco è stato evitato poichè può generare riflessi eccessivi e non risulta coerente con i colori della favola. I materiali utilizzati sono massivi mitigando la risposta al calore, limitano il surriscaldamento e rilasciano il calore durante la notte.

Il medesimo compito che discende da un'accurata progettazione e viene svolto dagli elementi strutturali come visto, può essere svolto anche dagli elementi naturali, opportunamente scelti e inseriti nell'area di intervento; "i benefici che il **verde urbano** presenta sono:

- riduzione della radiazione solare incidente, l'energia solare che arriva su una massa vegetale viene da questa in parte riflessa, assorbita e trasmessa, in parte dissipata nell'atmosfera, come calore latente e calore sensibile, e in parte utilizzata nei processi metabolici.

Le piante, attraverso il processo fotosintetico, trasformano l'energia solare in energia bio-chimica; in particolare, esse assorbono radiazione visibile (la più calda) e perciò la loro presenza diventa rilevante per la determinazione del microclima di una specifica zona.

E' stato calcolato che le piante assorbono una percentuale pari al 60 - 90% della radiazione solare, in relazione ad una serie di variabili, quali la densità della chioma (fitta o rada), la rapidità di accrescimento e la durata della stessa (fogliame sempreverde o deciduo nel periodo di fioritura), la dimensione e la

forma della pianta.;

- modifiche degli scambi radiativi ad onde lunghe tra le superfici e l'ambiente esterno, un manto verde emette meno radiazioni all'infrarosso rispetto al terreno o materiali artificiali e, quindi, riduce la temperatura media radiante dell'ambiente. Gli edifici che fronteggiano superfici vegetali (con temperature radianti inferiori rispetto a quelle delle superfici soleggiate) risentono, perciò, meno delle elevate temperature di strade ed edifici prospicienti;

- Processi di evapotraspirazione, questo fenomeno è strettamente legato alla fotosintesi: le piante, per poter assumere l'anidride carbonica dell'atmosfera, devono mantenere gli stomi aperti e in tal modo perdono acqua. Si tratta di grandi quantità di acqua pompate dal terreno e immesse nell'atmosfera.

Il passaggio dell'acqua, dallo stato liquido a quello di vapore, avviene nelle foglie e comporta un assorbimento di energia termica, considerando che la quantità di calore latente dissipato per traspirazione dalle superfici vegetali, non soggette a stress idrico, è molto elevata, risulta che la presenza di aree verdi in ambiente urbano può contribuire notevolmente a correggere situazioni di surriscaldamento estivo, riducendo localmente le temperature.

L'abbassamento delle temperature, per effetto dei processi traspiratori delle piante, è minimizzato in presenza di singoli alberi, mentre diventa decisamente sensibile in caso di ampie zone verdi. L'effetto di riduzione della temperatura, per la presenza di un'area verde è riscontrabile solo su scala locale e ad una relativa distanza, per via degli scambi convettivi dell'aria che ne riducono l'influenza a scala più ampia. Allo stesso tempo, è stato rilevato come l'incremento di aree verdi in

in città, contribuisca notevolmente a migliorare le temperature globali e a ridurre quindi i consumi elettrici per il condizionamento dell'aria".¹

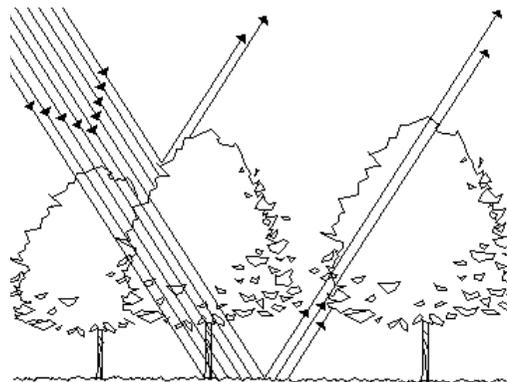


Figura 4.104 Energia solare incidente su ampie zone verdi

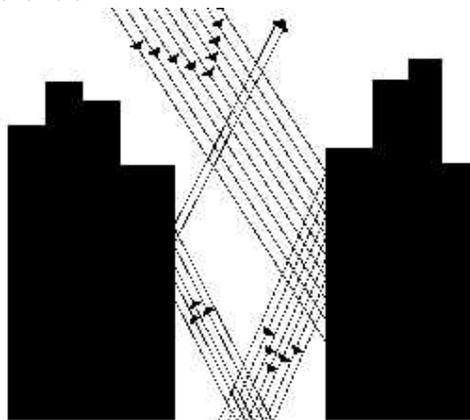


Figura 4.105 Energia solare riflessa ed assorbita dalle pareti degli edifici con aumento del calore

¹ https://www.mybestlife.com/ambiente/Bio-architettura/Verde_in_citta.htm

4.9.2 Comfort termico

Il comfort termico è quella condizione per la quale un individuo si trova nella situazione di non desiderare una temperatura più alta, né una temperatura più bassa, di quelle in cui si trova.

Il comfort all'interno degli edifici è un concetto assai complesso poiché dipende da diversi parametri di influenza. La maggiore difficoltà da risolvere sarà quindi quella di raggiungere, mantenere e controllare le condizioni di comfort con un uso razionale dell'energia, facendo ricorso al design bioclimatico.

4.9.2.1 Carichi termici

Viene definito carico termico la quantità di energia necessaria da aggiungere o rimuovere ad uno spazio, da parte del sistema attivo per mantenere gli occupanti di questo spazio nella condizione di comfort termico.

4.9.2.1.1 Carichi termici esterni

I carichi termici esterni derivano dal trasferimento di calore attraverso l'involucro, essi provengono dalle principali fonti di energia che sono il sole, la terra e l'ambiente esterno. Questi carichi includono l'energia contenuta nell'aria con la relativa umidità presente. Alcune modalità di ingresso o fuoriuscita del calore negli edifici sono:

- Conduzione del calore che entra o esce dall'involucro dell'edificio verso l'esterno;
- Luce solare (energia radiante) che entra dalle finestre surriscaldando gli spazi interni;
- Luce solare che riscalda le superfici esterne dell'edificio "guadagni solari indiretti";
- Ingresso o fuoriuscita d'aria in interno o esterno attraverso infiltrazioni o perdite;
- Aria introdotta volontariamente da fonti di produzione puntuale, aria prodotta da HVAC.

4.9.2.1.2 Carichi termici interni

I carichi termici interni sono dovuti al calore generato dagli utenti, dall'illuminazione degli ambienti e dalle attrezzature.

L'illuminazione e la maggior parte dei carichi delle apparecchiature vanno a definire il calore sensibile, mentre i riscaldamenti generati dalle persone sono una combinazione di carichi sensibili e latenti.

I guadagni interni dovuti all'illuminazione e alle apparecchiature sono equivalenti al rispettivo consumo di energia: quando un corpo illuminante converte un watt-ora di elettricità in fotoni, i fotoni rimbalzano all'interno della stanza finché non vengono riassorbiti, andando a generare un guadagno termico per l'ambiente; allo stesso modo l'efficienza determina il quantitativo di energia elettrica che si trasforma in fotoni, maggiore è l'efficienza e minore sarà la dispersione per effetto Joule.

Il carico termico delle persone dipende dal numero e dall'attività delle stesse, può essere compreso tra 70 e 80 watt per un adulto che dorme ed arrivare a 800 watt per un atleta che sta svolgendo esercizio fisico intenso.

4.9.2.1.3 Carichi termici totali

Per edifici densamente popolati con attrezzature ad alta attività o ad alta intensità energetica (es. edifici per uffici e cinema) predominano i carichi interni, mentre per edifici scarsamente popolati con poca attività o attrezzature (es. residenze unifamiliari, magazzini) prevalgono i carichi esterni.

I carichi interni ed esterni si traducono in contributi di riscaldamento e raffreddamento e sono calcolati come la quantità di energia che deve essere spostata dentro o fuori dall'edificio per mantenere una determinata temperatura prefissata.

4.10 Analisi energetica con Sefaira plug-in

Visti i vincoli che l'area di progetto presenta, l'analisi energetica preliminare si è concentrata prevalentemente sul rapporto tra le superfici opache e trasparenti cambiando posizione forma e dimensione delle aperture, oltre alla variazione degli ombreggiamenti.

Anche la variazione del posizionamento dell'edificio è limitata, per la medesima ragione di cui sopra; si riportano gli esempi più significativi delle analisi condotte, al fine di implementare l'efficienza energetica (in termini di consumi) dell'edificio.

Gli input prestazionali inseriti nel plug-in corrispondono ai pacchetti tecnologici utilizzati nel progetto. Per questa fase si è fatto uso di Sefaira plug-in come strumento per fornire la stima preliminare dei consumi, si sono definite le superfici del modello come glazing, floor, exterior/interior wall, interior glazing, roof e allo stesso tempo si è svolta una modellazione del contesto circostante configurandolo come shading; tale ultimo elemento di analisi risulta importante a causa della notevole presenza di edifici prospicienti l'area di progetto, che causano ombreggiamento.

Lo strumento utilizzato non permette di definire con precisione i parametri tecnologici (caratteristiche prestazionali delle superfici opache e trasparenti, impianti utilizzati), e non consente di inserire i parametri legati alla destinazione d'uso degli edifici (carichi interni, occupanti); questi verranno considerati solo nel seguito sul modello finale effettuato tramite web-app.

I modelli sviluppati per le analisi preliminari sono i seguenti.

Edificio 3

- modello 1, con aperture a nastro con orien-

tamento Sud-Ovest e aperture zenitali;

- modello 2, con aperture a nastro con orientamento Sud-Ovest;
- modello 3, rappresenta il modello finale con la presenza delle chiusure in Cobogò e degli elementi ombreggianti.

Edificio 2

- modello 1, con aperture verticali con orientamento Sud-Ovest e copertura praticabile a Nord-Est;
- modello 2, con aperture prevalentemente a nastro con orientamento Sud-Ovest e copertura praticabile;
- modello 3, rappresenta il modello finale, con aperture verticali e a nastro con orientamento Sud-Ovest, ed elementi ombreggianti.

Come possiamo vedere dai risultati delle analisi, le soluzioni finali risultano quelle di minore consumo energetico, migliorative rispetto a quelle approntate inizialmente; le analisi mostrano con evidenza che l'edificio è **Cooling dominated**, mentre l'impatto dell'heating è sostanzialmente nullo, ciò è una diretta conseguenza delle condizioni climatiche del sito di progetto mostrando come la quasi totalità dell'energia verrà impiegata per il raffrescamento.

Nonostante questo, possiamo notare come una importante contributo dei consumi energetici è dato dall'equipment (colore viola) di conseguenza nelle fasi successive di ottimizzazione energetica si potrà ridurre il consumo dell'edificio agendo sull'efficienza delle apparecchiature compatibilmente con le necessità di occupazione dell'edificio, anche per quanto riguarda il lighting (colore giallo) i consumi energetici risultano significativi, ma più difficilmente riducibili perchè fortemente influenzati dal contesto urbano circostante.



Figura 4.106 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello 1 - dx edificio 3, modello 1



Figura 4.107 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello 2 - dx edificio 3, modello 2



Figura 4.108 Sefaira plug-in, sx edificio 2, modello finale - dx edificio 3, modello finale

4.11 Analisi energetica con Sefaira web-app

Si può notare che per l'edificio Nord, la morfologia del terreno, schermante parte della radiazione solare diretta in ingresso, riduce il contributo ai consumi per irraggiamento. Per quanto riguarda le chiusure verticali, esse risultano prevalenti rispetto alle coperture, ciò probabilmente è dovuto al fatto che per quest'ultime, la schermatura sovrastante dei Cobogò riduce il soleggiamento diretto ed il conseguente consumo da raffrescamento.

Contrariamente per l'edificio Sud, la maggiore esposizione del sito e l'irraggiamento diretta sulla copertura, senza filtri alla radiazione solare, contribuisce ad innalzare i consumi da raffrescamento su di essa, rendendo il confronto tra copertura e chiusure verticali più bilanciato; bisogna sottolineare come sulle chiusure verticali incida, a favore di risparmio energetico, la presenza del sistema di oscuramento con orientamento Sud-Ovest, degli ombreggiamenti e della copertura praticabile.

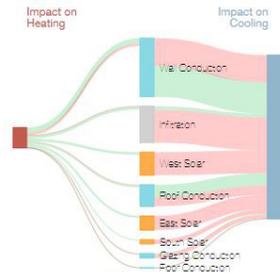


Figura 4.109 Contributi ai consumi, edificio 3

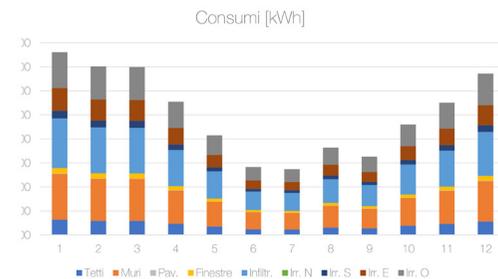


Figura 4.110 Istogramma dei consumi, edificio 3

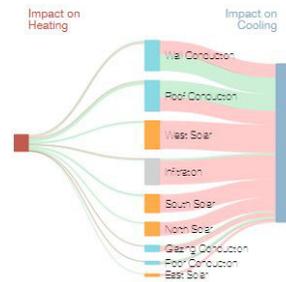


Figura 4.111 Contributi ai consumi, edificio 3

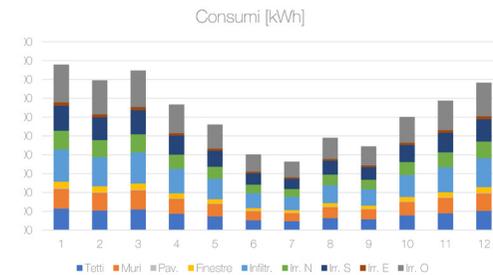


Figura 4.112 Istogramma dei consumi, edificio 2

La web-app, come detto, consente di valutare i consumi energetici oltre a controllare le prestazioni dell'involucro dell'edificio, consentendo di definire le condizioni sugli impianti, assegnazione delle funzioni agli spazi, occupazione degli utenti, contributo della ventilazione naturale, acqua calda sanitaria, ed eventuali contributo alla riduzione dei consumi forniti da pannelli fotovoltaici.

Assegnazione delle funzioni

Poichè la web-app riconosce i volumi chiusi importati dal modello di Sketchup è stato possibile suddividere gli spazi di progetto in zone, alle quali assegnare la corrispondente funzione di progetto.

Occupazione

Dopo aver assegnato le funzioni a ciascuno spazio, si rende necessario definire il livello di occupazione dell'edificio rispetto alle ore d'uso dello stesso.

I seguenti grafici mostrano l'utilizzo degli spazi per gli edifici di progetto con apertura settimanale pari a sei giorni su sette.

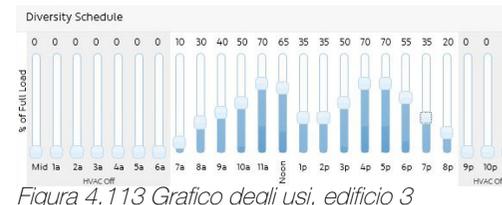


Figura 4.113 Grafico degli usi, edificio 3

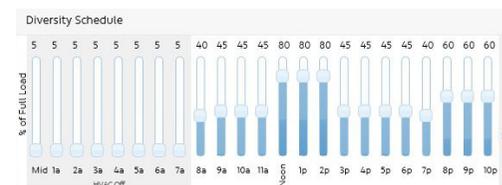


Figura 4.114 Grafico degli usi, edificio 2

Dopo aver definito le caratteristiche dell'involucro, assegnato le funzioni e gli usi, si procede alla scelta dell'impianto di raffrescamento da inserire nel progetto. La quantità di energia richiesta per il raffreddamento, non coincide con la quantità di energia che un sistema HVAC (heating, ventilation and air condition), potrebbe effettivamente richiedere per generare il carico necessario, con l'utilizzo di sistemi attivi solitamente si richiede più energia per soddisfare i carichi di riscaldamento di quanto non venga richiesto per i carichi di raffreddamento.

La scelta del migliore sistema HVAC viene orientata operando un confronto tra tre tipologie diverse di impianti, al fine di comprendere quale delle soluzioni possa essere la migliore; i sistemi messi a confronto sono i seguenti:

- sistema VAV 100% central plant;
- sistema CAV (return air centra AHU);
- sistema Multisplit.

VAV 100% central plant

Gli impianti a tutta aria a portata variabile (variable air volume) prevedono l'immissione di aria con temperatura costante e portata variabile in funzione dei carichi termici delle varie zone servite. Si parla di "zone" intendendo uno o più locali che sono simili dal punto di vista degli scambi termici e nei quali si desiderano simili caratteristiche dell'aria. La variazione di portata è ottenuta mediante apposite cassette terminali di zona e regolata tramite un apposito sistema di controllo.

Dinorma, il sistema è progettato per mantenere una pressione statica costante nel condotto di mandata, ad opera del ventilatore di mandata, a sua volta il ventilatore di ripresa mantiene costante la pressione statica nella stanza. Nel VAV semplice l'aria viene interamente trattata in una unità centrale detta unità di trattamento aria e poi immessa nella rete aeraulica costituita da condotti semplici grazie al ventilatore di mandata.

CAV return air central AHU

Gli impianti CAV (air constant volume) inizialmente molto utilizzati negli edifici pubblici, richiedono elevate portate d'aria e notevoli quantità di energia per il riscaldamento e il raffreddamento degli spazi risultando perciò tendenzialmente costosi.

Un'unità CAV aziona la ventola e il compressore alla massima capacità fino a quando la temperatura non scende a un'impostazione specificata, quindi il compressore si spegne. Il ciclo on/off non è efficiente nel mantenere lo spazio a una temperatura prefissata. I sistemi CAV sono generalmente piccoli servendo al più una singola zona termica. Tuttavia, le variazioni come CAV con riscalda-

mento e CAV multizona hanno la capacità di servire più zone e edifici più grandi.

Esistono due tipi di sistemi CAV comunemente usati, il terminal reheat air system raffredda l'aria nell'unità di trattamento dell'aria, questo processo di raffreddamento è poco efficiente e molto costoso; il mixed air sistem presenta invece due flussi d'aria, uno per la temperatura più fredda necessaria e l'altro per la più calda.

I due flussi d'aria sono combinati in modo strategico per soddisfare il carico richiesto, funziona bene per rinfrescare l'aria ma non controlla l'umidità.

Sistema Multisplit

Il sistema multisplit presenta un'unità esterna composta dal motore del condizionatore e dalla ventola radiale, e più unità interne (split) che provvedono a distribuire l'aria condizionata.

Il condizionatore è in genere costituito da seguenti elementi essenziali:

- compressore: ha lo scopo di comprimere il fluido, cioè aumentarne la pressione; nel compressore il fluido si trova allo stato gassoso; aumentando la pressione di un gas aumenta anche la sua temperatura;
- condensatore: ha lo scopo di condensare il gas, cioè portarlo allo stato liquido; tale passaggio di stato avviene sottraendo calore al gas; tale calore viene disperso nell'ambiente;
- organo di laminazione: corrisponde ad una strozzatura della condotta; durante il passaggio da tale strozzatura, il liquido viene sottoposto a perdite di carico localizzate che riducono la pressione e la temperatura;
- evaporatore: ha lo scopo di vaporizzare il liquido, assorbendo calore dall'esterno.

Il funzionamento di questo sistema prevede

che il compressore, posto nell'unità esterna, comprime il gas e lo porti ad alta temperatura e pressione. Quindi viene portato al condensatore e tramite tubi di rame viene raffreddato ed assume lo stato liquido. Tutto questo processo produce calore; dopo questo, il gas allo stato liquido attraversa l'organo di laminazione che gli induce la bassa pressione pur conservando lo stato liquido.

Il liquido a bassa pressione e temperatura esce dall'unità esterna e viene portato, tramite i tubi di collegamento, all'unità interna, qui troviamo l'evaporatore dove avviene il fenomeno della evaporazione, il liquido bolle assorbendo il calore e raffreddando l'aria della stanza con la quale è in contatto dinamico grazie alle ventole dell'unità interna; successivamente il gas ritorna, attraverso la tubazione, all'unità esterna.

I comuni sistemi a split usano l'energia per spostare il calore e l'effetto di raffreddamento che viene percepito è dovuto alla rimozione del calore interno.

Dopo aver definito e descritto i parametri precedenti, si procede all'avvio delle analisi il cui risultato permette di scegliere la migliore tra le alternative proposte per il raffreddamento dell'edificio.

HVAC System Type	591 (L/s)	85.3 kw	202 kWh/m ² /yr	\$19,290
PTHP / Split System (System 2)				
YAV - 100% OA Central Plant	2,941 ▲ 39%	220.4 ▲ 15%	200 ▼ 0%	\$19,040 ▼ 1%
CAV - Return Air Central AHU	2,972 ▲ 40%	113.1 ▲ 32%	291 ▲ 44%	\$27,669 ▲ 43%

Tabella 4.17 Confronto HVAC, edificio 3

HVAC System Type	750 (L/s)	85.1 kw	230 kWh/m ² /yr	\$25,512
PTHP / Split System (System 2)				
YAV - 100% OA Central Plant	2,986 ▲ 29%	224.7 ▲ 16%	267 ▲ 16%	\$29,628 ▲ 16%
CAV - Return Air Central AHU	3,013 ▲ 30%	123.1 ▲ 44%	355 ▲ 54%	\$39,282 ▲ 53%

Tabella 4.18 Confronto HVAC, edificio 2

Confrontando i tre sistemi si nota come il sistema a split risulti il più vantaggioso, ed è una tipologia di impianto molto diffusa in Brasile. Con i dati ricavati dall'analisi è stato possibile procedere ad un dimensionamento di massima delle unità esterne ed interne del sistema Multisplit necessarie a soddisfare il fabbisogno di raffreddamento dell'edificio. A causa dell'impossibilità di assegnare un coefficiente d'equipment power density per ciascuno spazio del modello, ed avendo per entrambi gli edifici delle cucine che rappresentano degli importanti contributi di carico interno, si è reso necessario scindere le simulazioni per visualizzarne l'impatto sui consumi. I risultati sono mostrati nel seguito.

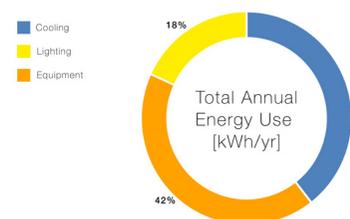


Figura 4.115 Energy Use, caso 1, edificio 3

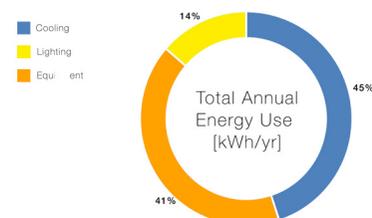


Figura 4.116 Energy use, caso 2, edificio 2

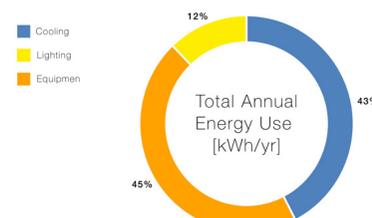


Figura 4.117 Energy Use, caso 3, edificio 3

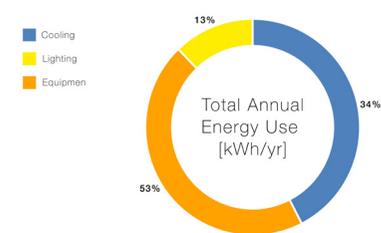


Figura 4.118 Energy use, caso 4, edificio 2

Per i 4 casi mostrati, il primo e il secondo sono svolti con cucine spente, il terzo e il quarto con le cucine al massimo livello di operatività; come possiamo vedere l'incidenza dei carichi interni (equipment) sul consumo di energia complessiva per tutti i casi analizzati è rilevante, minore e sostanzialmente quasi invariato per tutti i casi è il contributo dell'illuminazione (lighting), ciò in buon accordo con le premesse di cui sopra.

Mentre l'accensione della cucina del laboratorio non influenza di molto la variazione dell'equipment (+3% tra caso 1 e caso 3), per la cucina del locale mensa, che presenta un maggior numero di apparecchiature e dimensioni superiori, l'impatto sull'equipment è notevole (+13% tra caso 2 e caso 4).

I seguenti istogrammi si riferiscono, per gli edifici di progetto, ai casi 3 e 4, che sono quelli di massimo consumo complessivo, calcolati su base mensile.

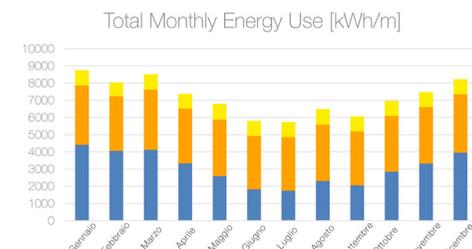


Figura 4.119 Energy Use, caso 3, edificio 3

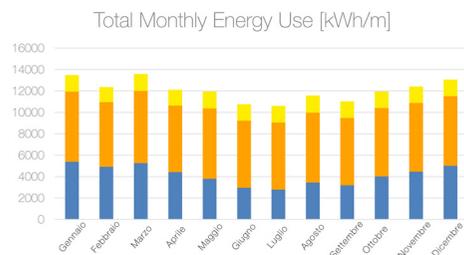


Figura 4.120 Energy Use, caso 4, edificio 2

Come possiamo vedere dai grafici, la variazione dei consumi, che sono minimi nel periodo invernale dove le temperature scendono (giugno - settembre), e dovuta principalmente al contributo dell'HVAC, che riduce sensibilmente il suo impatto, di contro lo incrementa nel periodo estivo (dicembre - febbraio).

I seguenti istogrammi si riferiscono ancora ai casi 3 e 4, di massimo consumo, calcolati su base mensile, ma riferiti ai Kg di CO₂ prodotti.

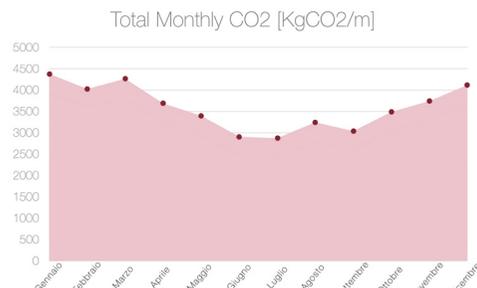


Figura 4.121 Kg di CO₂ prodotti, caso 3, edificio

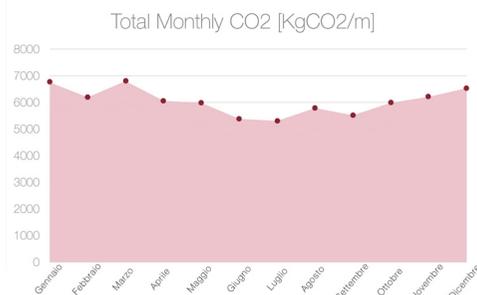


Figura 4.122 Kg di CO₂ prodotti, caso 4, edificio 2

I risultati sulla produzione di CO₂ dipendono strettamente dal funzionamento delle apparecchiature, HVAC e illuminazione come facilmente intuibile; mentre i consumi da apparecchiature e illuminazione non risentono delle variazioni stagionali, il consumo per il raffrescamento (HVAC) è molto influenzato da tali variazioni, ed è questo parametro che si riflette in maniera diretta sulla produzione di CO₂.

Dopo aver valutato l'impatto del funzionamento delle cucine (equipment) sul risultato dell'analisi e quindi sui consumi complessivi, passiamo alla valutazione del contributo che le tecnologie danno al risultato finale. Variando il valore iniziale di trasmittanza termica delle chiusure perimetrali dei solai controterra e di copertura, emergono i seguenti risultati.

- raddoppiando il valore iniziale di trasmittanza termica si rileva un incremento del 6% dei consumi per l'edificio 3, che presenta una superficie disperdente complessiva, al netto della superfici trasparenti, pari a 896 m², ed un incremento del 5% per l'edificio 2, che presenta una superficie disperdente complessiva pari a 630 m²;
- dimezzando il valore iniziale di trasmittanza termica si rileva un decremento del 2% dei consumi per l'edificio 3 ed un decremento dell'1,5% per l'edificio 2.

4.11.1 Conclusioni e limiti dell'analisi

Le analisi effettuate, come detto prima, si limitano ad orientare il progettista verso le scelte migliori dal punto di vista formale per l'architettura, permettendo di definire alcune configurazioni di impianto in base alla destinazione d'uso, occupazione e collocazione

dell'edificio ed ottenere un output in termini di consumi energetici associati a ciascuna scelta di progetto.

Lo strumento utilizzato, tramite le analisi svolte con la web-app, mostra un impatto dei carichi esterni ed interni sul bilancio complessivo dei consumi energetici, ben maggiore rispetto all'incidenza delle caratteristiche prestazionali degli elementi tecnologici d'involucro, che resta marginale.

Quanto emerso dalle simulazioni indizzerebbe il progettista verso aspetti quali l'incremento dell'efficienza energetica delle apparecchiature, l'ottimizzazione dei sistemi di oscuramento e degli elementi ombreggianti, il corretto orientamento dell'edificio al fine di ridurre l'impatto della radiazione solare diretta sull'edificio, fattori che per climi caldi e umidi come quello analizzato, risultano dirimenti; ciò con rispetto per i vincoli spaziali che l'area circostante presenta, e in generale migliorare quegli aspetti che sono propri dell'architettura bioclimatica.

Di seguito vengono elencati i maggiori limiti riscontrati nello svolgimento delle analisi precedenti.

- 1) L'analisi è poco sensibile alle piccole variazioni sulle geometrie dei modelli, ma soltanto cambiamenti macroscopici;
- 2) Nei settaggi di ciascuna analisi si può assegnare un solo valore di trasmittanza termica U, rispettivamente per muri, finestre, solai di copertura e solai controterra, mentre nella realtà le trasmittanze possono essere differenti;
- 3) Come detto, la web-app permette di cari-

care in cloud il modello dell'edificio svolto su Sketchup; nel modello importato, ciascuno spazio tridimensionale, ai fini dell'attribuzione delle funzioni, deve essere completamente chiuso, quindi qualsiasi spazio collegato a spazi vicini senza una chiusura completa (open space) non è rappresentabile; ad esempio laboratorio di cucina e infopoint che presentano un collegamento con passaggio aperto, devono essere modellati come due oggetti separati per non produrre errori nel processo di calcolo della simulazione;

4) Gli usi (occupant density), carichi interni (equipment) ed illuminazione (lighting) sono espressi da un unico parametro che rappresenta la media dei valori reali che ad ogni spazio dovrebbe essere assegnato in base alla specifica funzione che esso contiene.

Se ad esempio il centro di formazione, situato al primo livello dell'edificio 2, presenta un livello di affollamento elevato in un certo orario del giorno, mentre la mensa collocata al piano inferiore, nel medesimo momento, ha affollamento minimo, risulta chiusa o operativa per poche ore rispetto al totale dell'orario giornaliero di apertura dell'edificio, l'analisi considera per l'HVAC (cooling), le apparecchiature per la preparazione dei cibi (equipment), l'illuminazione (lighting) e l'occupazione degli utenti (occupant density), un consumo medio spalmato sull'intero edificio funzionante parzialmente e dilazionato nell'intera giornata invece che un consumo limitato alle sole funzioni attive in quel preciso momento a cui la simulazione si riferisce.

Soprattutto per edifici che ospitano funzioni molto diverse tra loro, e con tempi d'uso differenti per ciascuno spazio, il risultato dell'analisi può risultare alterato.



05

PROGETTO IDRAULICO

5. Progetto idraulico

Sistema di drenaggio ed accumulo dell'acqua

5.1 Introduzione

Lo studio della favela di Rocinha mostra una regione con due bacini contrapposti; uno è il barrio da Gavea e l'altro è rappresentato da Sao Conrado, quest'ultimo copre circa l'80% della comunità, presenta diversi canali naturali (talvegues) che sono generati dal contributo dei bacini idrici circostanti, giace su roccia affiorante impermeabile. Una buona parte delle talvegues si trova vicino Campo Esperanca, creando un flusso che, attraverso la favela, raggiunge Sao Conrado beach, dopo aver oltrepassato l'unità di trattamento. Il bacino di Sao Conrado presenta un gran numero di talvegues grazie alla specifica orografia del terreno, ciò crea 3 principali bacini di drenaggio:

- bacino 2 presenta un'area di circa 48 ha e include le seguenti talvegues: Morro do Laboriaux, Alto da Dionéia e Vila Verde;
- bacino 3 ha un'area di circa 62 ha e include le talvegues affluenti del canale principale di Rocinha;
- bacino 4 ha un'area di circa 16 ha e include l'affluente Goerio creato artificialmente sotto il massiccio roccioso del Morro Dois Irmaos. La localizzazione della mia area di progetto, interessa il bacino numero 3A. Nel bacino 3A, è presente il canale principale chiamato Valao, che presenta un letto con perimetro in calcestruzzo. Molte parti del Valao, sono fiancheggiate da edifici che talvolta lo sovrastano ponendosi al di sopra. Il canale si alimenta

dalla regione di Laboriaux e da Pedra da Gavea. Laboriaux presenta due aree dove le talvegues si uniscono attraversando Estrada da Gavea: una di esse viene giù dal pendio e arriva fin vicino alla scuola "Francisco de Paula Brito", la seconda viene deviata nel canale vicino a Rua Dioneia. Partendo da questo punto il canale supera le strade principali e prosegue al di sotto delle case, raggiungendo il canale principale.

Il presente progetto si colloca poco al di sotto di Estrada da Gavea, dove la strada si piega a gomito per risalire verso il quartiere Gavea, la talvegue più vicina all'area di progetto, passa poco vicino alla scuola, per poi allontanarsi, senza mai comunque entrarvi. Il progetto prevede la realizzazione di un sistema di drenaggio delle acque, al fine di salvaguardare la funzionalità delle opere e la sicurezza degli utenti, quando si manifestano le forti piogge, tale sistema prevede lo scarico delle acque di pioggia direttamente sulla talvegue vicina, tale sistema è avvicinato da un sistema automatizzato di cisterne interrato che accumulano l'acqua piovana per soddisfare alcuni bisogni interni degli edifici di progetto.

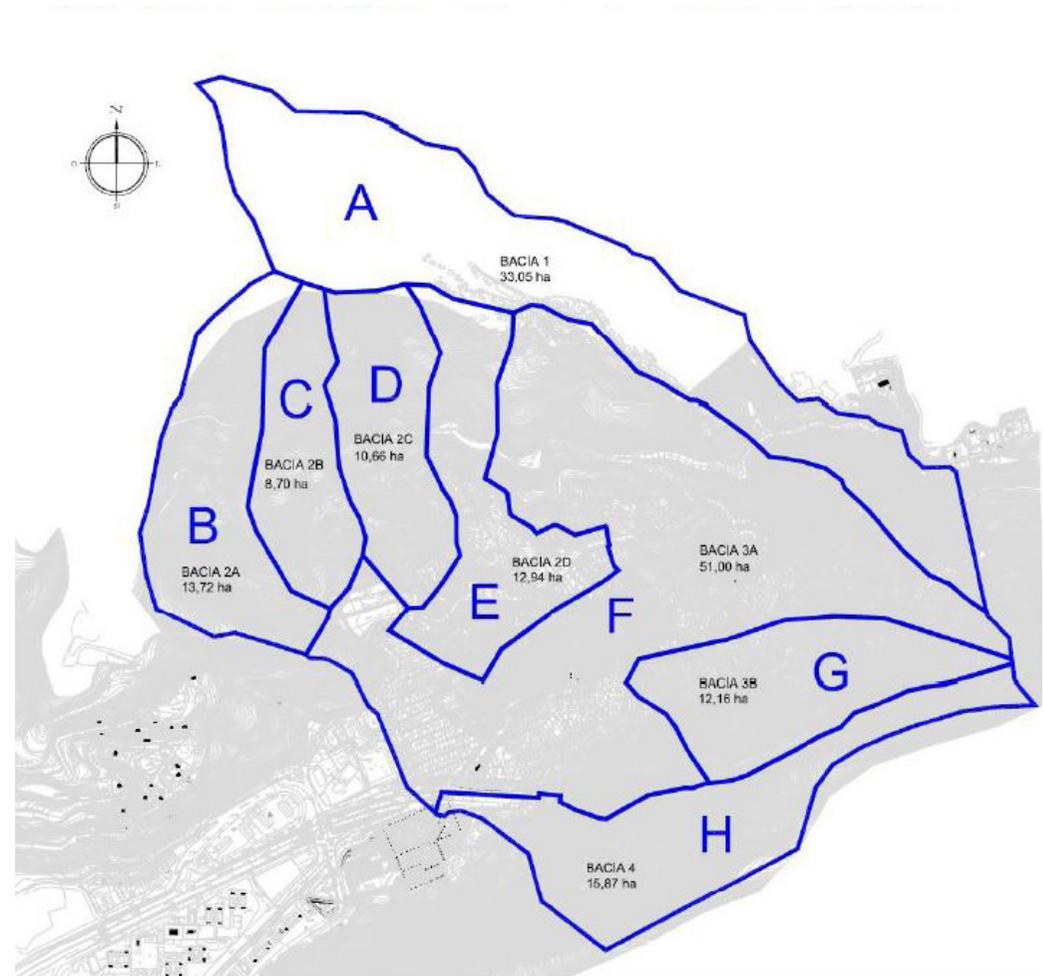


Figura 5.1 Bacino principale di Sao Conrado diviso in bacini di drenaggio, Prefeitura di Rio de Janeiro

5.2 Rete di drenaggio

5.2.1 Curve di possibilità pluviometrica

L'obiettivo di questo capitolo è la stima della massima portata di piena per l'assegnato bacino idrografico. A tale scopo si analizzerà l'afflusso meteorico e la sua trasformazione in deflusso utile per la formazione dell'onda di piena; infine l'idrogramma di piena rappresenterà al colmo, la massima portata dell'evento di piena. Per la stima della portata di piena verrà utilizzato il modello cinematico (metodo della corrivazione).

La favela di Rocinha presenta la propria stazione pluviometrica, dove vengono registrati i dati relativi alla piovosità del sito. Tra tutte le stazioni che misurano questa tipologia di dati a Rio de Janeiro, la stazione di Rocinha è la seconda per intensità delle piogge, con concentrazione dei fenomeni di maggior intensità nel mese di Dicembre (vedi Tabella 4.4).

Altri dati importanti relativi al 2013 mostrano il confronto, tra Rocinha ed altre città, del livello di pioggia raggiunto in 1 ora (vedi Figura 27.2), dai dati emerge come il mese di Gennaio per Rocinha registri la piovosità oraria maggiore dell'anno (vedi Tabella 4.3).

"Al fine di determinare la portata al colmo, bisogna determinare quale aliquota della precipitazione caduta al suolo, giunge effettivamente alla sezione di chiusura, tale precipitazione contribuisce infatti, con diverse modalità e con diversi tempi, alla formazione dell'onda di piena di cui la portata al colmo rappresenta il massimo valore. Se durante una precipitazione piovosa, la quantità d'acqua caduta sulla superficie di un bacino è maggiore di quella che contemporaneamente ritorna all'atmosfera per evapotraspirazione,

allora nella rete idrografica si ha un incremento del livello idrico che caratterizza lo stato di piena del corso d'acqua appartenente al bacino in esame.

Solitamente il deflusso superficiale, salvo il caso di bacini molto permeabili, rappresenta l'aliquota maggiore del complessivo deflusso di piena.

La determinazione dei deflussi, in una data sezione di un corso d'acqua, causati dagli afflussi meteorici al bacino idrografico considerato costituisce uno dei problemi centrali dell'idrologia; con la dicitura "trasformazione afflussi-deflussi" intendiamo l'insieme di quei diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso, a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso si incanali nella rete idrografica.

La modellazione del processo di trasformazione degli afflussi in deflussi si inserisce come componente essenziale nella più generale modellistica per la ricostruzione e/o previsione di idrogrammi di piena, in una o più sezioni fluviali di un bacino idrografico, a partire dalla distribuzione spazio-temporale delle piogge insistenti sul bacino. Il problema della ricostruzione di un idrogramma di piena può essere visto come la costruzione di un sistema al cui ingresso troviamo $P(s, t)$ (precipitazione distribuita insistente sul bacino durante un particolare evento) tale precipitazione dipende sia dalla coordinata temporale t che dalla coordinata spaziale s , in uscita abbiamo la variabile $Q(t)$ (portata nella sezione di chiusura del bacino) dipendente dal tempo. L'ingresso principale al modello sarà costituito da una serie di misurazioni di pioggia, di

tipo puntuale (registrazioni pluviometriche) e/o distribuito (radar meteorologico), che dovranno in generale essere interpolate, tramite un opportuno modello per ottenere l'andamento delle precipitazioni al suolo nello spazio e nel tempo in termini di afflussi per unità di area. La parte di tali precipitazioni che andrà in scorrimento superficiale detta anche *precipitazione efficace* verrà stimata con un opportuno modello trasformazione afflussi-deflussi, che stimerà la produzione di deflusso $q(s, t)$ idealmente in ciascun punto del bacino. Infine, il processo di concentrazione dei deflussi superficiali nel reticolo idrografico e di trasferimento lungo questo fino alla sezione di chiusura verrà rappresentato tramite un opportuno modello di formazione dell'onda di piena".¹

Gli eventi meteorologici sono convenzionalmente classificati in 3 tipologie:

- eventi di breve durata, che presentano una durata inferiore a un'ora, caratterizzati da una forte intensità che sviluppa elevati livelli di flusso alla sezione di chiusura;
- eventi di lunga durata, presentano una durata maggiore a un'ora, intensità più bassa sviluppando elevati volumi alla sezione di chiusura del bacino;
- eventi di media durata, presentano delle caratteristiche intermedia tra i precedenti;
- eventi plurigiornalieri, sono eventi con durata che eccede le 24 ore, con caratteristiche di intensità e volumi simili ai precedenti".

Per definire le altezze di precipitazione corris-

¹ G. Musolino, "Stima della portata di piena con diverse metodologie di calcolo ed applicazione al bacino idrografico del Calopinace (RC)"

uso delle **curve di possibilità pluviometrica** (CPP) che vengono elaborate partendo dall'altezza di pioggia registrata dalle stazioni pluviometriche del sito. L'obiettivo del processo statistico dei dati raccolti consiste nella determinazione dei coefficienti $a(mm/hn)$ e $n(-)$ che caratterizzano le equazioni di possibilità pluviometrica:

$$h = a * (t_p)^n$$

Dalle stazioni meteorologiche situate in Brasile, si sono ottenute le curve di intensità pluviometrica secondo le seguenti forme:

$$i_{max} = \frac{5950 * T_R^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}} \quad (i = \text{litros/hectares x seg})$$

$$i_{max} = \frac{99,154 * T_R^{0,217}}{(t + 26)^{1,15}} \quad (i = \text{mm/hora})$$

$$i_{max} = \frac{3463 * T_R^{0,172}}{(t + 22)^{0,761}} \quad i = \text{mm/hora} \quad (\text{Novacs})$$

Tabella 5.1 Relatorio anual de chuva pe a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2013

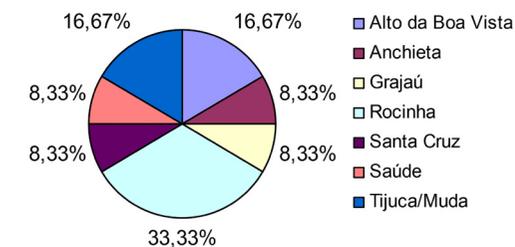


Figura 5.2 Massimo livello di pioggia in 1 h, Relatorio anual de chuva pe a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2013

SECRETARIA MUNICIPAL DE OBRAS			
FUNDAÇÃO GEO-RIO			
Relatório do Mês de Janeiro - 2013			
Média Histórica* (fonte INMET 1966-1990):		137,1 mm	
Média de 2013 (fonte GEO-RIO):		346,8 mm	
Média de 2012 (fonte GEO-RIO):		179,5 mm	
ESTAÇÕES	Precipitação no mês (mm)	Chuva máxima em 24 horas (mm)	Chuva máxima em 1 hora (mm)
01 - Vidigal	298,0	92,0	55,0
02 - Urca	256,4	39,6	23,8
03 - Rocinha	402,0	139,8	60,0
04 - Tijuca	353,8	61,0	54,2
05 - Santa Teresa	304,2	56,0	40,4
06 - Copacabana	192,2	42,0	27,6
07 - Grajaú	383,4	113,8	44,6
08 - I. Governador	267,2	49,0	36,0
09 - Penha	294,0	60,0	26,8
10 - Madureira	369,4	92,6	37,4
11 - Irajá	376,8	95,2	59,8
12 - Bangu	444,0	129,2	56,6
13 - Piedade	347,2	88,2	34,6
14 - Jacarepaguá/Tanque	380,4	114,6	54,8
15 - Saúde	285,8	48,8	35,8
16 - Jd. Botânico	301,4	105,6	35,2
17 - Barra/Itanhangá	268,8	84,2	55,6
18 - Jacarepaguá/Cid.de Deus	262,2	91,4	32,6
19 - Barra/Riocentro	276,8	67,6	20,4
20 - Guaratiba	213,4	44,4	26,4
21 - Est. Grajaú/ Jacarepaguá	404,6	105,4	46,2
22 - Santa Cruz	481,4	127,4	48,6
23 - Grande Méier	456,4	77,4	42,8
24 - Anchieta	380,8	92,8	33,0
25 - Grota Funda	362,0	82,8	28,0
26 - Campo Grande	507,8	156,4	50,0
27 - Sepetiba	227,2	44,2	13,0
28 - Alto da Boa Vista	578,4	135,0	44,2
29 - Av. Brasil/Mendanha	499,0	167,0	47,4
30 - Recreio dos Bandeirantes	344,8	77,0	32,8
31 - Laranjeiras	243,6	37,0	29,0
32 - São Cristóvão	292,0	54,0	48,0
33 - Tijuca/Muda	390,0	67,4	55,8

* Estação Rio de Janeiro (Aterro do Flamengo)
 Maior precipitação registrada

████████████████████

Tabella 5.2 Massimo livello di pioggia in 1 h nel mese di Gennaio, Relatório anual de chuva pe a cidade

do Rio de Janeiro no ano de 2013

ESTAÇÕES	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ	TOTAL (mm)	
01 - Vidigal	119,8	51,4	123,2	105,6	126	44,6	53,6	65,8	14,8	118,2	74,8	186,2	1084	
02 - Urca	105,4	47	104,8	85,6	118	29,2	36,2	39,4	43	119,8	73,6	143,4	945,4	
03 - Rocinha	124,6	40,4	180,8	148,2	123,4	67	128,6	130,4	53,6	136,6	120	158	1381,6	
04 - Tijuca	103,6	87,4	149,6	357,4	171,4	39,8	46,6	36,2	57,2	138,2	33	172,6	1393	
05 - Santa Teresa	93,4	34,8	124	184,6	115,8	30,2	37,4	36,8	52	114	78,4	137,8	1039,2	
06 - Copacabana	105,6	34	100	80,4	114,6	36,8	33,8	40,2	9,2	123	68,2	203,8	949,6	
07 - Grajaú	127,6	40,2	136	297,8	116,6	52	10,2	18	56,4	118,6	94,6	156,8	1224,8	
08 - Ilha do Governador	105,6	28,2	92,2	142	87,8	23	7,8	12,8	7,6	108,8	119,2	105,8	840,8	
09 - Penha	66	22,2	79,6	114,4	56,2	27,4	6,4	7,4	7,6	76,2	136,6	194,6	794,6	
10 - Madureira	74,8	10,6	105,4	136	91,6	32,4	6,6	17,2	14,4	125,8	88,4	201	904,2	
11 - Irajá	112,2	25,6	108	109,4	61,6	32,6	9,4	8,6	6,6	98,4	140,4	141,4	854,2	
12 - Bangu	161,4	24,2	133,8	115,4	80,2	19,2	8,8	13,2	13,6	88	53	222	932,8	
13 - Piedade	73	14,4	112,6	120	70,6	30,8	5,6	8,8	11,2	105,2	80,2	168,6	801	
14 - Jacarepaguá/Tanque	96,4	28,4	121,8	158,2	118,2	32,2	11,2	28,6	17,2	96,2	102,8	233	1044,2	
15 - Saúde	68	21,4	81,8	177,4	103	25,2	13,4	10,4	32,2	106,8	75	106,6	821,2	
16 - Jardim Botânico	120,4	53	127,8	142,8	124,4	34,4	96,4	97,2	34,6	121	98,2	193,8	1244	
17 - Barra/Itanhangá	117,2	25,8	139,6	134,8	163,6	39	51	69,8	67,6	129	98,2	224,4	1260	
18 - Jacarepaguá/Cidade de Deus	95	37,4	114,4	136,6	99,4	23,4	23,2	31,8	12	90,4	74,4	208,8	946,8	
19 - Barra/Riocentro	73,4	42,4	131,6	145,2	155,2	29,6	47,8	53,8	17,4	114,6	75,4	233	1119,4	
20 - Guaratiba	111,4	28,6	170,4	91	95	30,8	14,8	27,4	32,6	133,2	82	151,8	969	
21 - Est. Grajaú/Jacarepaguá	123,4	22,4	172,8	148,4	147,2	38,8	28,4	36,8	32,4	153,2	115,6	242,8	1262,2	
22 - Santa Cruz	53	29,4	89,4	200,4	107,6	34,4	15	23,6	13,8	122,8	97	182,8	969,2	
23 - Grande Méier	81,8	31,6	99,2	134,2	91,6	43,8	9,8	14,4	16,8	121,6	97	190	931,8	
24 - Anchieta	112,8	34,4	140,4	192,8	85,2	30	11,8	5,2	7,2	96,6	105,8	165,2	987,4	
25 - Grota Funda	68,2	19,8	169,6	106,8	140	31,8	60,6	55	48,6	152,8	77,8	198	1129	
26 - Campo Grande	64	23,2	190,8	114	111,6	22,4	14,6	18	20,4	103,4	64	187	933,4	
27 - Sepetiba	71,6	32,2	162,6	224,6	82,6	12	2,4	3,2	2,2	89,8	106,2	151,8	941,2	
28 - Alto da Boa Vista	132,2	39,8	198,2	284,6	219	89,8	133,8	132,4	110	173,2	142,2	240,2	1895,4	
29 - Av. Brasil/Mendanha	141,6	71	178,6	166,2	97	21,8	17	17,2	17,8	119	70	176,8	1694	
30 - Recreio dos Bandeirantes	82,8	45,2	123,6	154,6	113,6	34	49,4	51,6	32	160,4	88,2	204	1139,4	
31 - Laranjeiras	94,8	26,8	115,8	143,2	125,6	36,2	54,8	39	67	124,6	87	145,6	1060,4	
32 - São Cristóvão	77,4	47,6	63	232,2	115,8	38	7,2	14,4	23,4	100,8	79,4	135	934,2	
33 - Tijuca/Muda	-	60,4	180,2	399,6	148,2	55,4	42,2	39	75,6	138,6	92	190	-	
TOTAL/mês (mm)	3158,4	1120,8	4111,4	5084,8	3629,4	1112,6	1053,6	1164,6	952,4	3780,2	2896,6	5762,6	TOTAL/ANO (mm)	
Média Mensal da Rede Alerta Rio	98,7	34,0	124,6	154,1	110,0	33,7	31,9	35,3	28,9	114,6	87,8	174,6	33827,4	
													Média Total Anual*	1057,1

* Baseado em dados anuais por estação e nº de estações em cada um registro

Tabella 5.3 Dati stazione pluviometrica, Relatório anual de chuva pe a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2013

5.2.2 Metodo di calcolo per stimare la portata di colmo

Abbiamo visto come la morfologia e la natura fisica del terreno riducano la precipitazione meteorica di una componente; "tale precipitazione viene in parte intercettata dalla vegetazione, in parte si infiltra nel suolo, in parte ancora va ad accumularsi in piccoli invasi naturali e/o artificiali (pozzanghere, avvallamenti del terreno, impluvi artificiali); la parte rimanente, infine, va a costituire il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete idrografica secondo le linee di massima pendenza del terreno (precipitazione efficace)."¹

L'utilizzo di uno specifico modello di deflusso, ci permette di determinare l'onda di piena e di conseguenza ricavare la portata al colmo dell'idrogramma di piena, il volume totale, la forma dell'idrogramma, partendo dalla precipitazione efficace proveniente dai dati statistici dell'area di intervento (vedi Figura 27.3). Quindi partendo dai dati sulle precipitazioni (intensità e durata) viene restituito un diagramma che rappresenta il flusso d'acqua presente all'interno della rete, in accordo con le specifiche caratteristiche del bacino afferente.

"L'**idrogramma unitario istantaneo** (IUH) $h(t)$ è un idrogramma di piena che rappresenta la risposta del sistema conseguente ad una precipitazione netta di volume unitario e di durata infinitesima (intensità infinita) avente cioè le caratteristiche di un'immissione impulsiva".² La generica pioggia, di durata finita, può interpretarsi come una successione di

¹ G. Musolino, "Stima della portata di piena con diverse metodologie di calcolo ed applicazione al bacino idrografico del Calopinace (RC)"

² https://it.wikipedia.org/wiki/Idrogramma_unitario_istantaneo

precipitazioni nette elementari di durata infinitesima dt e volume infinitesimo $p(t)dt$.

Supponendo che la **trasformazione afflussi - deflussi** del bacino sia assimilabile a quella di un sistema lineare e stazionario, la relazione tra le portate entranti nel sistema idrografico, cioè le precipitazioni, ed il deflusso attraverso la sezione di chiusura considerata, risulta esprimibile tramite un integrale di convoluzione; la durata totale dell'idrogramma così ottenuto risulta pari alla somma della durata T_p dell'evento meteorico e della durata T_h dell'IUH (assimilabile al tempo di corrvazione del bacino).

L'ascissa del baricentro dell'IUH rappresenta invece il tempo di ritardo del bacino considerato. Il calcolo delle portate viene eseguito operativamente discretizzando l'integrale di convoluzione.

Il **metodo cinematico** (detto anche metodo della corrvazione), è basato sulla conoscenza del tempo di corrvazione T_0 del bacino; tale quantità è definita come il tempo necessario alla particella d'acqua, che cade nel punto idraulicamente più lontano del bacino, a raggiungere al sezione di chiusura del bacino stesso (è dunque un modello stazionario). Il metodo cinematico si basa sulle seguenti quattro ipotesi:

- la formazione della piena è dovuta unicamente al fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- ogni goccia d'acqua si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende soltanto dal punto in cui essa è caduta;
- la velocità di ogni singola goccia non è

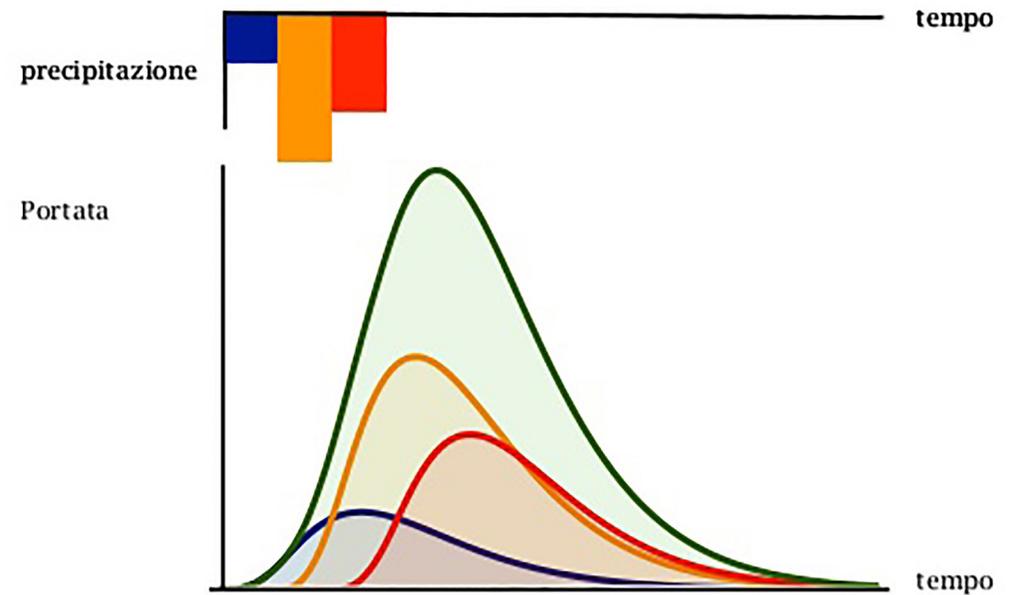


Figura 5.3 Esempio di idrogramma di piena conseguente ad evento meteorico

influenzata in alcun modo dalla presenza delle altre gocce, cioè ognuna di esse scorre indipendentemente dalle altre;

- la portata alla sezione di chiusura è ottenuta sommando tra loro portate elementari, provenienti dalle diverse parti del bacino, che arrivano alla sezione di chiusura nel medesimo istante.

La prima delle ipotesi precedenti esclude la presenza di qualsiasi fenomeno di invaso, la seconda e terza ipotesi equivalgono ad assumere che il tempo di corrvazione di qualsiasi punto del bacino sia costante; l'ultima ipotesi, con le due precedenti, equivale ad assumere che il modello sia lineare e stazionario. Il meccanismo di formazione delle piene per il modello cinematico richiede l'individuazione nel bacino delle linee isocorve,

ossia i punti del bacino con stesso T_0 .

Bisogna convertire i 4 parametri della curva di intensità in 2 parametri, nella forma $h = a * (t_p)^n$ per fare ciò è necessario operare l'interpolazione numerica partendo da alcuni punti calcolati dai 4 parametri della formula, per differenti valori di durata dell'evento meteorico con il tempo t (da 0 a 120 min) e 3 tempi di ritorno T_r (10, 20 e 30 anni) (vedi Figura 27.4), il risultato finale è una funzione esponenziale dalla quale è possibile derivare i parametri a ed n che servono (vedi Figura 27.5).

Nel nostro caso si è deciso di considerare un tempo di ritorno di 10 anni, che rappresenta la probabilità di raggiungere un evento di natura meteorologica simile a quello analizzato, inoltre il contesto specifico in cui si opera

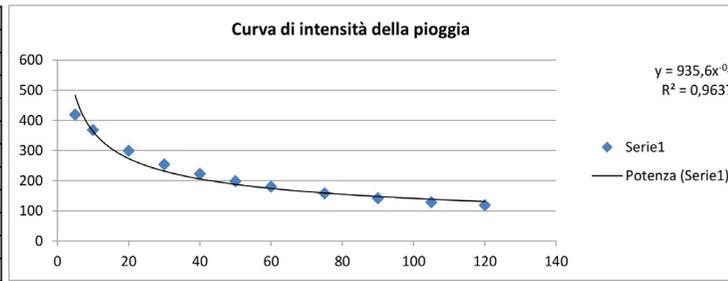
è soggetto ad un incremento della popolazione e all'edificazione di nuove costruzioni, variabili che non possono essere considerate costanti per periodi superiori a 10 anni.

Il **bacino idrografico** è definito come la parte di superficie terrestre che raccoglie le acque presenti, che defluiscono poi attraverso la sezione di chiusura del bacino. Nel caso in esame, vi è la convergenza di sole acque di pioggia, si parla quindi di bacino imbrifero. Riferendosi al deflusso superficiale la delimitazione del bacino consiste nell'individuare sulla carta topografica la linea spartiacque, essa delimita il luogo dei punti da cui hanno origine le linee di massima pendenza che raggiungono la sezione di chiusura.

Le principali caratteristiche plano-altimetriche dei bacini considerati sono:
 - Superficie, si intende l'area della proiezione orizzontale del bacino delimitato dallo sparti-

All'interno del bacino 3A, che è quello che contiene l'area di progetto, è stato delimitato il sottobacino 3A' (vedi Figura 27.7), che per la sua particolare conformazione intercetta le acque superficiali;
 - Perimetro, si intende la lunghezza della linea spartiacque; calcolata a partire dalla sezione di chiusura;
 - Lunghezza asta principale, si intende la lunghezza del corso d'acqua del bacino che partendo da valle (sezione di chiusura) verso monte ha la lunghezza maggiore;
 - Pendenza, si intende l'inclinazione del bacino rispetto all'orizzontale, per determinarla

Tr	t[min]	i[mm/h]
10	5	418,9717
10	10	368,1573
10	20	299,3366
10	30	254,4333
10	40	222,5576
10	50	198,6198
10	60	179,9037
10	75	158,314
10	90	141,905
10	105	128,9608
10	120	118,4571

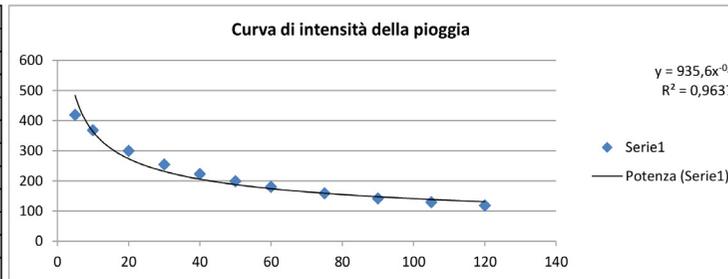


$i = a \cdot \theta^{(n-1)}$

Tr=10	a =	935,6
	n =	0,59
Tr=20	a =	1054,1
	n =	0,59
Tr=50	a =	1234,0
	n =	0,59

Tabella 5.4 Curva di intensità della pioggia per Tr 10 anni e parametri a e n

Tr	t[min]	i[mm/h]
20	5	472,0215
20	10	414,773
20	20	337,2383
20	30	286,6494
20	40	250,7377
20	50	223,7688
20	60	202,683
20	75	178,3595
20	90	159,8729
20	105	145,2898
20	120	133,456

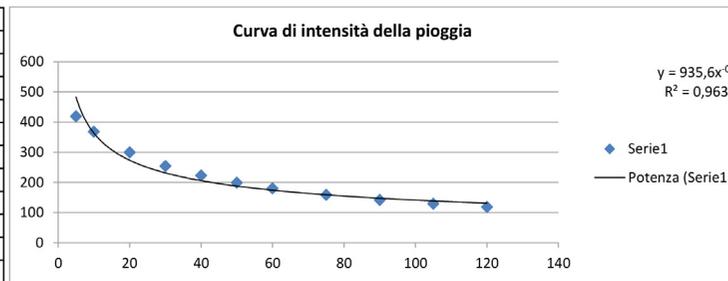


$i = a \cdot \theta^{(n-1)}$

Tr=10	a =	935,6
	n =	0,59
Tr=20	a =	1054,1
	n =	0,59
Tr=50	a =	1234,0
	n =	0,59

Tabella 5.5 Curva di intensità della pioggia per Tr 20 anni e parametri a e n

Tr	t[min]	i[mm/h]
50	5	552,5957
50	10	485,5749
50	20	394,805
50	30	335,5806
50	40	293,5386
50	50	261,9662
50	60	237,281
50	75	208,8056
50	90	187,1632
50	105	170,0908
50	120	156,237



$i = a \cdot \theta^{(n-1)}$

Tr=10	a =	935,6
	n =	0,59
Tr=20	a =	1054,1
	n =	0,59
Tr=50	a =	1234,0
	n =	0,59

Tabella 5.6 Curva di intensità della pioggia per Tr 50 anni e parametri a e n

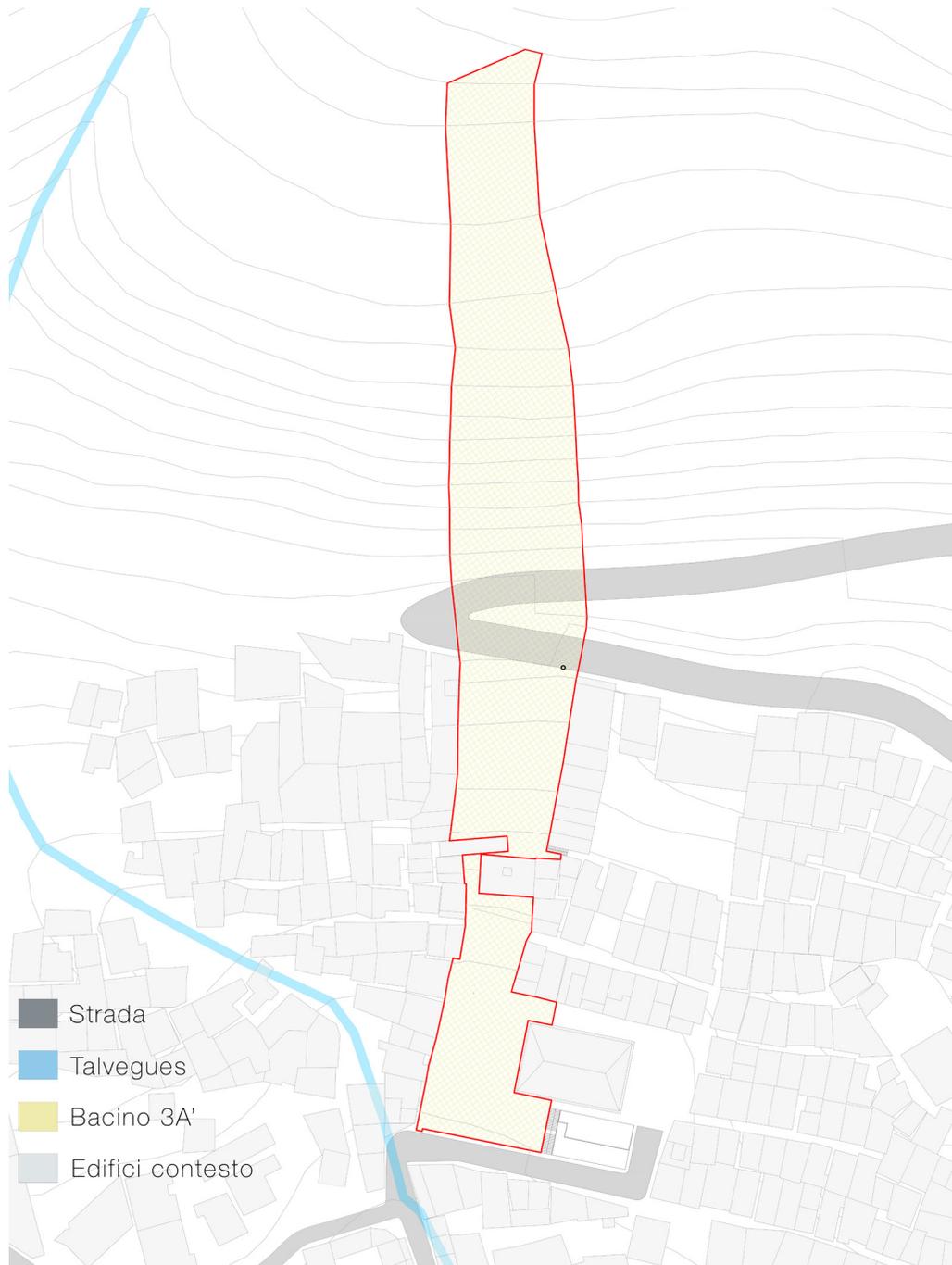


Figura 5.4 Sottobacino 3A' situato all'interno del bacino 3A



Figura 5.5 Sistema di drenaggio e relative superfici afferenti edificio 3



Figura 5.6 Sistema di drenaggio e relative superfici afferenti edificio 2

Bacino	Superficie singolo bacino A (ha)	Superficie complessiva bacino per ciascuna condotta A (ha)	Superficie cumulativa bacini A (ha)	Coefficiente d'afflusso Φ (-)	Coefficiente d'afflusso Φ (-)	Coefficiente d'afflusso Φ (-)	Pendenza del bacino s (%)
A	0,3117	0,3158	0,32	0,72	0,72		53
	0,0041			0,90			2
				0,90			
B	0,0058	0,0163		0,90	0,89		2
	0,0029			0,90			
	0,0076			0,87			
C	0,0029	0,0121	0,34	0,90	0,90	0,74	2
	0,0058			0,90			
	0,0034			0,90			
D	0,0029	0,0100		0,90	0,89		2
	0,0015			0,90			
	0,0014			0,90			
	0,0042			0,87			
E	0,0021	0,0065	0,36	0,90	0,90	0,74	2
	0,0022			0,90			
	0,0022			0,90			
F	0,0029	0,0061		0,88	0,89		2
	0,0016			0,90			
	0,0016			0,90			
	0,0016			0,90			
G	0,0016	0,0050	0,37	0,90	0,90	0,75	2
	0,0018			0,90			
	0,0041			0,87			
H	0,0012	0,0064		0,90	0,88		2
	0,0012			0,90			
	0,0012			0,90			
I	0,0016	0,0039	0,38	0,90	0,90	0,75	2
	0,0023			0,90			
	0,0010			0,90			
J	0,0005	0,0020	0,38	0,90	0,90	0,75	2
	0,0005			0,90			
	0,0005			0,90			
K	0,0123	0,0360	0,42	0,70	0,72	0,75	50
	0,0040			0,70			45
	0,0162			0,70			38
	0,0020			0,90			
	0,0015			0,90			2
L	0,0092	0,0092	0,43	0,90	0,90	0,75	2
M	0,0095	0,0151	0,44	0,90	0,90	0,76	2
	0,0056			0,90			
N	0,0019	0,0083		0,90	0,90		2
	0,0043			0,90			
	0,0021			0,90			
O	0,0010	0,0059	0,46	0,90	0,85	0,76	2
	0,0010			0,75			
	0,0010			0,75			
	0,0009			0,90			
	0,0010			0,90			
	0,0010			0,90			
P	0,0033	0,0157	0,47	0,90	0,83	0,76	2
	0,0014			0,90			
	0,0022			0,76			
	0,0034			0,78			
	0,0034			0,78			
	0,0010			0,90			
	0,0010			0,90			
	0,0010			0,90			
Q	0,0191	0,0191	0,03	0,90	0,90		2
R	0,0123	0,0123	0,03	0,70	0,70	0,82	2
S	0,0000	0,0000	0,50	0,00	0,00	0,77	2
T	0,0051	0,0051	0,50	0,70	0,70	0,76	2
U	0,0075	0,0093	0,51	0,70	0,74	0,76	2
	0,0018			0,90			

Tabella 5.7 Caratteristiche dei bacini afferenti al sistema di drenaggio

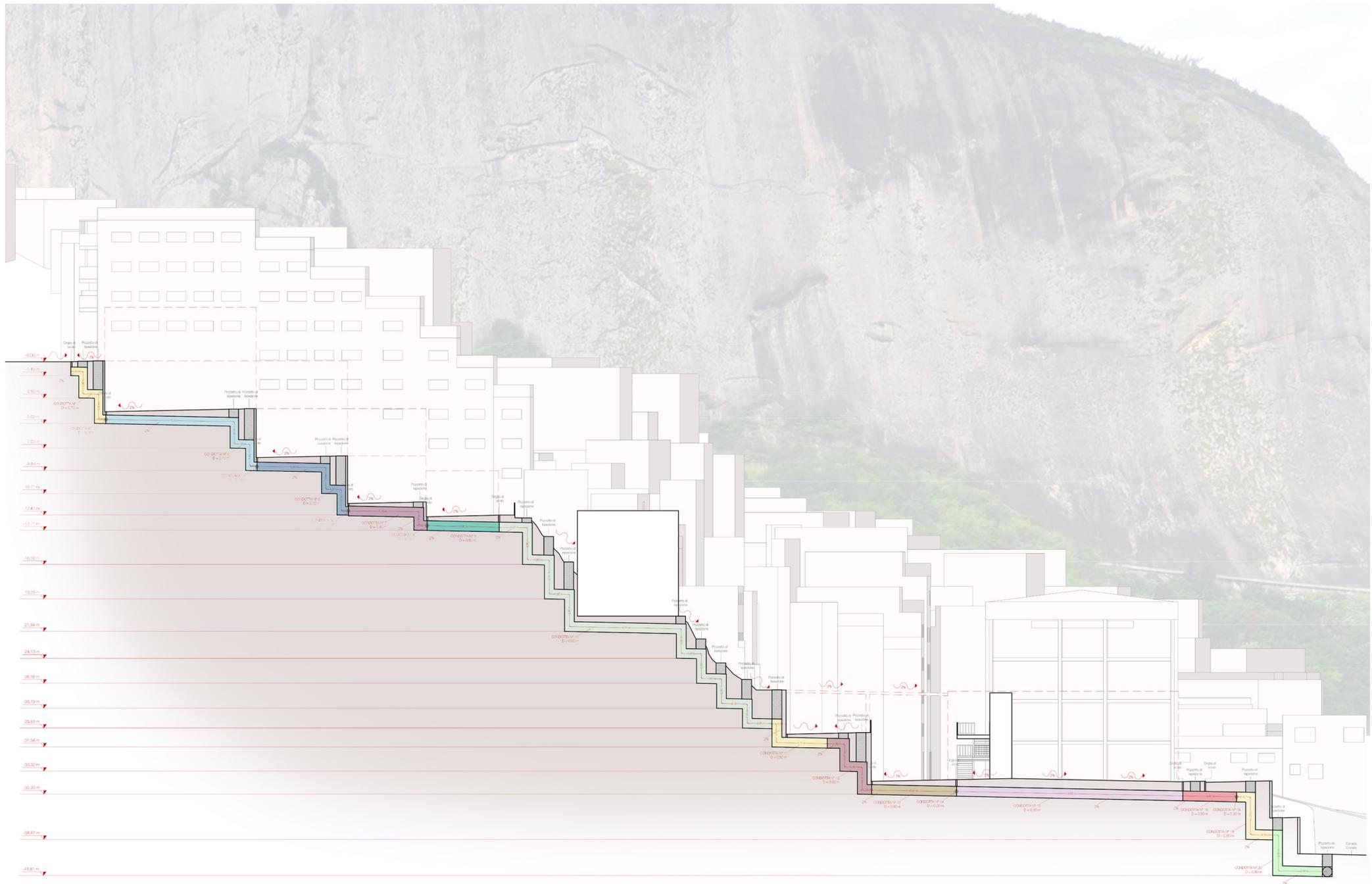


Figura 5.7 Sezione longitudinale del sistema di condotte interrate che compone la nuova rete di drenaggio delle acque

si individuano le curve di livello all'interno del bacino e si suddividono in n dislivelli.

Le acque partendo dalla cresta della montagna soprastante, attraversano l'area di progetto e vengono destinate verso Sud alla talwegue posta poco al lato dell'area di progetto, attraverso un'apposita rete di condotte per il drenaggio (vedi Figure 27.8-9). Lungo questo percorso sono collocate delle cisterne di accumulo dell'acqua piovana (vedi Figura --.-) che ne assicurano la conservazione, fornendo una riserva idrica importante per gli usi interni del complesso con le seguenti finalità : pulizia delle superfici di lavoro e delle superfici esterne, irrigazione del verde, utilizzo per le cassette degli scarichi dei servizi igienici.

Definite le caratteristiche areali e le pendenze dei bacini afferenti, si procede alla definizione del **coefficiente d'afflusso** (vedi Tabella 4.5), tale importante parametro viene calcolato definendo, per ciascun sottobacino che compone la rete, la superficie urbanizzata e la superficie verde, assegnando dei valori di permeabilità alle superfici sottoposte all'azione dell'acqua di pioggia.

La composizione del terreno di Rocinha è per la maggior parte roccia affiorante mista a terra bruna, con comportamento pressochè impermeabile all'acqua di caduta. Su questa base si è scelto di adottare un coefficiente di 0,90 per le superfici urbanizzate che tiene conto della massima compattezza del tessuto urbano e della presenza di cemento quasi del tutto impermeabile.

Per le superfici adibite a verde, vi sono delle superfici destinate a tetto verde estensivo che sono state considerate tendenzialmente impermeabili visto l'esiguo spessore dello strato di terreno (circa 10 cm), per tali ragioni

Lunghezza condotta L (m)	Pendenza condotta s (%)	Area condotta A (m ²)	Perimetro condotta C (m)	Diametro condotta P (m)	Coefficiente di scabrezza Ks (m ^{1/2} s ⁻¹)	Tempo di ingresso in rete Te (min)	Tempo di corrivazione T ₀ (min)	Numero identificativo condotta	a (mm/h ⁿ)	n (-)
2,88	2	0,385	4,40	0,7	90	11,81	0,012	1	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
15,23	2	0,071	1,88	0,3	90	16,21	0,112	2	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
12,40	2	0,385	4,40	0,7	90	14,62	0,052	3	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
13,26	2	0,071	1,88	0,3	90	13,77	0,098	4	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
7,51	2	0,385	4,40	0,7	90	11,86	0,031	5	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
11,25	2	0,071	1,88	0,3	90	11,66	0,083	6	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
6,80	2	0,503	5,03	0,8	90	10,87	0,026	7	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
8,26	2	0,071	1,88	0,3	90	11,89	0,061	8	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
5,90	2	0,503	5,03	0,8	90	10,01	0,023	9	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
22,37	2	0,503	5,03	0,8	90	8,00	0,086	10	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
4,53	2	0,503	5,03	0,8	90	6,45	0,017	11	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
3,67	2	0,503	5,03	0,8	90	13,35	0,014	12	935,6	0,59
11,53	2	0,503	5,03	0,8	90	15,73	0,044	13	935,6	0,59
12,84	2	0,071	1,88	0,3	90	12,88	0,095	14	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
18,55	2	0,503	5,03	0,8	90	11,68	0,071	15	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
4,41	2	0,503	5,03	0,8	90	16,32	0,017	16	935,6	0,59
									935,6	0,59
									935,6	0,59
3,75	2	0,049	1,57	0,25	90	22,72	0,031	17	935,6	0,59
4,06	2	0,071	1,88	0,3	90	21,03	0,030	18	935,6	0,59
2,96	2	0,503	5,03	0,8	90	0,00	0,011	19	935,6	0,59
20,24	2	0,503	5,03	0,8	90	11,74	0,077	20	935,6	0,59
7,81	2	0,503	5,03	0,8	90	14,14	0,030	21	935,6	0,59
									935,6	0,59

Tabella 5.8 Caratteristiche delle condotte componenti il sistema di drenaggio

Identificativo bacino scolante affluente	Numero di riferimento condotta	Durata critica θ_c (min)	Portata al colmo Q_c (l/s)	Portata al colmo Q_c (m ³ /s)
A	1	11,82	1154,5173	1,1545
B	2	16,32	64,0557	0,0641
C	3	16,37	1122,5467	1,1225
D	4	13,87	41,9788	0,0420
E	5	13,90	1270,1064	1,2701
F	6	11,75	27,4988	0,0275
G	7	13,93	1316,0791	1,3161
H	8	11,95	28,3523	0,0284
I	9	13,95	1358,4173	1,3584
J	10	14,03	1363,5059	1,3635
K	11	14,05	1484,9688	1,4850
L	12	14,07	1523,5654	1,5236
M	13	15,78	1514,6445	1,5146
N	14	12,98	36,4018	0,0364
O	15	15,85	1567,8853	1,5679
P	16	15,86	1625,7260	1,6257
Q	17	22,74	66,3755	0,0664
R	18	22,77	99,5735	0,0996
S	19	22,78	1472,1683	1,4722
T	20	22,86	1483,9117	1,4839
U	21	22,89	1509,6423	1,5096

Tabella 5.9 Portata al colmo Q_c risultante fino alla sezione di sbocco

il coefficiente d'afflusso scelto è pari a 0,90 a favore di sicurezza, per le superfici di verde intensivo (comprendenti l'orto urbano situato in copertura all'edificio 2 e le zone di terreno compatto), il coefficiente d'afflusso sarà pari a 0,70. Tale parametro è legato alla ridotta capacità del terreno di Rocinha di assorbire l'acqua di pioggia a causa della sua componente granulometrica tendenzialmente rocciosa.

Le caratteristiche dimensionali della rete di drenaggio (pendenza, lunghezza, geometria delle sezioni, coefficiente di scabrezza k_s),

(vedi Tabella 4.6), si riferiscono all'infrastruttura dopo alcuni anni di funzionamento, a favore di sicurezza.

Per il dimensionamento della rete suddetta, verrà utilizzato il metodo della Corrivazione. Come detto la formula principale che consente di calcolare la **portata al colmo** dell'idrogramma di piena è la seguente:

$$Q_c = 2,78 \cdot \phi \cdot S \cdot a \cdot \theta_c^{n-1}$$

Dove:

Φ coefficiente d'afflusso (%);
 S superficie di raccolta (ha);
 a parametro caratteristico della curva di intensità (mm/hn);
 θ_c durata critica;
 n parametro caratteristico della curva di intensità (-).

Il metodo della Corrivazione di cui si è precedentemente parlato, prevede che la durata critica θ_c venga eguagliata alla durata dell'evento meteorico. Quest'ultimo fattore è composto dalla somma di due differenti contributi di durata, il primo parametro T_e viene definito tempo di ingresso in rete ed il secondo parametro T_0 è il tempo di corrivazione.

Per situazioni di urbanizzazione ordinaria e pianificata si considera solitamente un tempo di accesso in rete che varia tra i 5 ed i 15 minuti, ma vista la grande densità urbana della favela, l'assenza di sistemi di drenaggio dell'acqua, aumenta sensibilmente il percorso che essa deve compiere prima di sfociare imboboccare i sistemi di drenaggio; per tali ragioni si è deciso di utilizzare la **formula del condotto equivalente** o formula di Mambretti - Paoletti espressa in minuti, che stima in maniera più corretta il tempo di ingresso in rete:

$$T_{ai} = \left[\frac{3600^{\frac{(n-1)}{4}} \cdot 120 \cdot A^{0,30}}{s_i^{0,375} \cdot (a \cdot \phi)^{0,25}} \right]^{\frac{4}{(n+3)}}$$

Dove:

Φ coefficiente d'afflusso (%);
 S superficie di raccolta (ha);
 a, n parametri caratteristici della curva di intensità ($a=3463$ mm/hn, $n=0,761$);
 s_i pendenza del bacino (%).

Il calcolo del tempo di corrivazione viene effettuato tramite il seguente rapporto:

$$T_0 = \frac{L}{V_n}$$

Dove:

L lunghezza della condotta (m);
 V_n velocità di moto uniforme in condizioni di tubo pieno.

La velocità di moto uniforme V_n in condizioni di tubo pieno viene ottenuta tramite la formula di Chezy:

$$V_n = K_s \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

Dove:

K_s coefficiente di scabrezza del tubo ($m^{1/2}/s$);
 i pendenza della condotta;
 R raggio idraulico (m).

Facilmente si ottiene la portata di moto uniforme a tubo pieno Q_n tramite il seguente rapporto:

$$Q = V_n \cdot A$$

Dove:

A area della condotta;
 V_n velocità di moto uniforme in condizioni di tubo pieno.

A questo punto determinata la durata critica θ_c si può determinare il valore al colmo dell'idrogramma di piena Q_c . Successivamente tramite la formula di Chezy, inserendo il parametro Q_c appena trovato, si ricava il livello di riempimento all'interno della

condotta.

Per garantire un adeguato standard di sicurezza si fissa un livello di riempimento massimo per la condotta pari al 70%.

$$\frac{h}{D} \leq 70\%$$

Calcolando il rapporto Q_c/Q_n secondo la seguente disuguaglianza:

$$\frac{Q_c}{Q_n} \leq 0,837$$

Avendo determinato il valore di riferimento sopra citato, riferendosi ad una tabella ricavata dalla Chezy, si entra con il rapporto Q_c/Q_n e si va ad intercettare il corrispondente livello di riempimento h/D (vedi Tabella 4.8). La presente verifica viene effettuata per ogni singolo tratto del sistema di drenaggio di progetto (vedi Tabella 4.9).

$\Phi_c = h/D$	V/V_n	Q_c/Q_n
0	0	0
0,05	0,257	0,005
0,1	0,401	0,021
0,15	0,517	0,049
0,2	0,615	0,088
0,25	0,701	0,137
0,3	0,776	0,196
0,35	0,843	0,263
0,4	0,902	0,337
0,45	0,954	0,416
0,5	1	0,5
0,55	1,039	0,586
0,6	1,072	0,672
0,65	1,099	0,756
0,7	1,12	0,837
0,75	1,133	0,912
0,8	1,14	0,977
0,85	1,137	1,03
0,9	1,124	1,066
0,95	1,095	1,074

Tabella 5.10 Livello di riempimento massimo

Velocità moto uniforme tubo pieno V_n (m/s)	Portata moto uniforme tubo pieno Q_n (m ³ /s)	Valore normativo di verifica $h/D < 70\%$	Verifica (0,837 > Q_c/Q_n)	Livello di riempimento $\Phi_c = h/D$
3,98	1,53	65<70	VERO	0,65
2,26	0,16	43<70	VERO	0,43
3,98	1,53	63<70	VERO	0,63
2,26	0,16	35<70	VERO	0,35
3,98	1,53	69<70	VERO	0,69
2,26	0,16	27<70	VERO	0,27
4,35	2,19	56<70	VERO	0,56
2,26	0,16	28<70	VERO	0,28
4,35	2,19	57<70	VERO	0,57
4,35	2,19	58<70	VERO	0,58
4,35	2,19	60<70	VERO	0,60
4,35	2,19	61<70	VERO	0,61
4,35	2,19	61<70	VERO	0,61
2,26	0,16	32<70	VERO	0,32
4,35	2,19	62,5<70	VERO	0,625
4,35	2,19	64<70	VERO	0,64
2,00	0,10	57<70	VERO	0,57
2,26	0,16	57<70	VERO	0,57
4,35	2,19	60<70	VERO	0,60
4,35	2,19	60<70	VERO	0,60
4,35	2,19	61<70	VERO	0,61

Tabella 5.11 Verifica finale sul livello di riempimento di ciascuna condot-

5.3 Sistemi di recupero dell'acqua piovana

La progettazione di un sistema di cisterne interrato per il recupero dell'acqua piovana si inserisce tra le iniziative progettuali di sensibilizzazione della popolazione all'uso razionale di quel bene prezioso che è l'acqua, la cui scarsità rappresenta un problema globale.

Il sistema prevede la realizzazione di sette piccole cisterne interrato da 1000 L ciascuna, che vengono collegate direttamente ai tubi pluviali discendenti dalle coperture dell'edificio 3, tramite un filtro specifico, e di un ulteriore cisterna principale da 30000 L, situata in prossimità dell'edificio 2, che presenta al suo interno due impianti; l'impianto 1, tramite l'elettropompa A, fornisce acqua di recupero all'interno degli ambienti per la pulizia delle superfici e per gli scarichi dei servizi igienici, l'impianto 2, tramite l'elettropompa B, fornisce acqua d'irrigazione all'orto urbano

L'impianto è progettato per soddisfare il fabbisogno idrico dell'edificio 2, utilizzando le riserve d'acqua meteorica accumulate all'interno della cisterna, qualora il livello dell'acqua, dovesse essere insufficiente, i galleggianti inviano il segnale alla centralina che blocca l'elettropompa; successivamente la centralina comanda il riempimento automatico della cisterna attraverso il collettore dell'acquedotto, ad essa collegato; in questo modo è possibile garantire il funzionamento del sistema a fronte di ogni richiesta idrica, tramite un solo punto di controllo che è la cisterna, riducendo i costi di gestione dell'intero impianto. Qualora il livello dell'acqua in cisterna dovesse essere troppo elevato, un collettore di troppopieno la invia direttamente al sistema di drenaggio ad essa collegato.

5.3.1 Dimensionamento della cisterna interrata

Il dimensionamento della cisterna interrata ha tenuto conto come vincoli principali i seguenti aspetti:

- Spazio a disposizione per l'ingombro della cisterna in prossimità dell'edificio 2;
- Piovosità del sito;
- Viabilità urbana per il trasporto e l'interro in sicurezza della cisterna.

Per il dimensionamento dell'impianto 2, è necessario calcolare il fabbisogno dell'orto urbano; per le specifiche caratteristiche che presenta è variabile e cambia in base alle varie piantumazioni che vengono inserite; è possibile stimare un valore di progetto di circa **5 l/m²/giorno**, con una superficie di pertinenza pari a 70 m², installando un sistema a goccia e prevedendo di installare 4 gocciolatori/m² con portata pari a 1,2 l/h, per 1 m² saranno necessari 4,8-5 l/h, si conclude come con 1 ora giornaliera di attività di irrigazione, il fabbisogno stimato di **0,35 m³/h** viene soddisfatto.

Per quanto concerne l'impianto 1, è necessario calcolare il fabbisogno di mensa e centro di formazione che sono gli spazi che l'edificio 2 ospita. Per la mensa, considerando 4 ore di apertura a pranzo con 4 cicli e un numero di coperti pari a 30 coperti/ciclo, e 3 ore di apertura a cena con 3 cicli, stimando un consumo idrico procapite di 40 l/coperto, complessivamente il fabbisogno è pari a circa **8400 l/giorno**. Dividendo il presente valore per le 7 ore di operatività giornaliera della mensa, otterremo la portata oraria che il sistema di sollevamento dovrà avere, che è pari a **1,2 m³/h**.

Per il centro di formazione, considerando sempre un'operatività di 7 ore giornaliere e ospita circa 50 alunni, considerando un fabbisogno di circa 30 l/allunno/giorno, saranno necessari circa **1500 l/giorno**, la portata oraria che il sistema di sollevamento dovrà erogare sarà di **0,215 m³/h**.

In totale il fabbisogno interno dell'edificio 2 che il sistema di sollevamento 1 dovrà soddisfare vale **1,415 m³/h**.

Per il dimensionamento della cisterna interrata, oltre ai parametri di cui sopra, si considera la probabilità di pioggia giornaliera, considerando la media ponderata tra i mm di pioggia nel singolo mese ed i giorni di pioggia nel mese, si ottiene un valore pari a **96,6 mm/mese/m²**, pari a 0,0966 m/mese/m², tale valore è equivalente a 96,6 l/mese, che restituisce un valore di **1159,2 l/m² per anno**.

La superficie scolante di pertinenza della cisterna è pari a 314 m², composta da una parte verde pari a 123 m² e una parte urbanizzata pari a 191 m².

Secondo la norma E DIN 1989-1:2000-12 applicando alla superficie predetta i coefficienti d'afflusso già definiti, si ottiene una capienza in volume della cisterna pari a **299074 l**.

Il **volume utile della cisterna** interrata si ottiene moltiplicando il volume precedente per un coefficiente pari a 0,06, tale coefficiente è pari al rapporto tra il periodo massimo annuo di giorni consecutivi in assenza di pioggia, ed i giorni dell'anno, il caso più sfavorevole prevede una durata massima senza pioggia

pari a 21 giorni, restituendo un valore di **17945 l**.

Il **volume ottimale della cisterna** si ottiene correggendo il volume utile, precedentemente determinato, per un coefficiente di sicurezza pari a 1,5 che garantisce efficienza anche in periodi di siccità. Il valore che viene determinato è pari a **26916 l**. Considerate tutte le precedenti valutazioni, e verificata la compatibilità dimensionale dell'oggetto con il sito di progetto, si è scelto di collocare in sito una cisterna con dimensioni (277x225x848) cm da **30000 l** (vedi Figure 30.1-2).

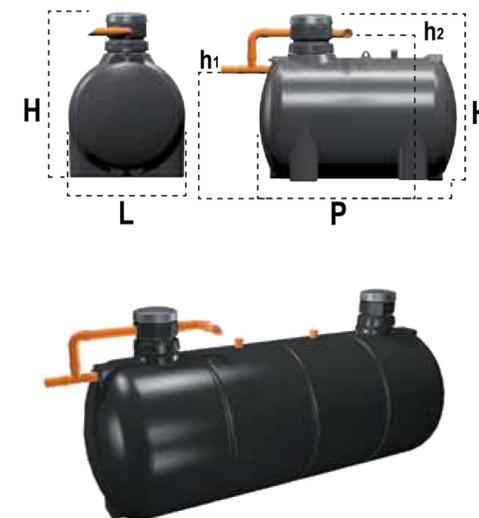


Figura 5.8 Tipologia cisterna interrata utilizzata

IMPIANTI PLUVIUM CON POMPA INTERNA da 1500 a 50000 litri

Articolo	H (cm)	L (cm)	P (cm)	h ₁ (troppo pieno) (cm)	h ₂ (ingresso) (cm)	Volume (litri)	Gruppo Filtraggio	Tubazioni (Ø mm)	Pompa	Chiusino (Ø mm)
PLS 1500 IN	173	125	137	119	156	1500	CL 320 F	100	INTERNA 0,55 kW Prevalenza Max 11,1 m. Portata Max 225 l/min. Mandata 1"	320
PLS 2000 IN	184	136	155	130	167	2000	CL 320 F	100		320
PLS 3000 IN	200	160	185	152	182	3000	CL 420 F	100		420
PLS 5000 IN	220	175	235	155	190	4800	CL 550 F/125	125		550
PLS 10000 IN	275	229	270	206	243	9200	CL 550 F/125	125		550
PLS 15000 IN	277	225	452	207	253	15000	CL 550 F/160	160		550
PLS 20000 IN	277	225	584	207	253	20000	CL 550 F/160	160		550
PLS 25000 IN	277	225	716	207	253	25000	CL 550 F/160	160		550
PLS 30000 IN	277	225	848	207	253	30000	CL 550 F/160	160		550
PLS 35000 IN	277	225	980	207	253	35000	CL 550 F/160	160		550
PLS 40000 IN	277	225	1112	207	253	40000	CL 550 F/160	160	550	
PLS 45000 IN	277	225	1244	207	253	45000	CL 550 F/160	160	550	
PLS 50000 IN	277	225	1376	207	253	50000	CL 550 F/160	160	550	

Tabella 5.12 Tipologia cisterna interrata utilizzata

5.3.2 Dimensionamento del sistema di sollevamento

Il dimensionamento di un sistema di sollevamento adatto all'innalzamento della portata richiesta alla quota di utilizzo, con adeguata pressione e velocità prevede le seguenti fasi:

- Predimensionamento della tubazione;
- Determinazione delle perdite di carico distribuite lungo la tubazione dell'impianto;
- Determinazione delle perdite di carico concentrate nei punti di discontinuità;
- Dimensionamento dell'elettropompa.

Questo processo deve soddisfare una particolare condizione di funzionamento, ossia per uno specifico parametro di portata effluente all'interno della tubazione che presenta uno specifico diametro, va ricercato un compromesso tra due possibilità: se si scelgono diametri piccoli si avranno alte velocità dell'acqua, e quindi alte perdite ed elevati costi di esercizio, d'altra parte, per alti valori del diametro i costi di manutenzione, trasporto, le perdite di carico lungo la condotta e la gestione della tubazione aumentano. Un buon compromesso potrebbe essere di riferirsi alla velocità, secondo un range compreso tra i 0,5 m/s ed i 3 m/s, il calcolo della velocità del fluido all'interno della tubazione di primo tentativo, viene svolto tramite la seguente relazione:

$$V = \frac{Q}{A}$$

Dove:
Q portata di progetto (m³/h);
A area della tubazione (m²).

Fissati i precedenti parametri di prestazione si procede al calcolo delle perdite di carico,

che il fluido subisce nell'attraversamento dello stesso. Le perdite di carico distribuite, direttamente proporzionali alla quota cinetica e alla lunghezza del tubo, ed inversamente proporzionali al diametro del tubo, secondo l'equazione di Darcy-Weisbach sono esprimibili come :

$$J_L = \lambda \frac{v^2}{2gD} L$$

Dove:
λ coefficiente d'attrito (-);
V velocità del fluido all'interno del tubo (m/s);
L lunghezza della tubazione (m);
g accelerazione di gravità (m/s²);
D diametro della tubazione (m).

Il coefficiente d'attrito è a sua volta una funzione del numero di Reynolds e della rugosità relativa:

$$\lambda = f(\text{Re}, \varepsilon/D)$$

Il numero di Reynolds è espresso in funzione del diametro D come:

$$\text{Re} = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Dove:
V velocità del fluido all'interno del tubo (m/s);
L lunghezza della tubazione (m);
ρ massa volumica (kg/m³);
μ viscosità dinamica (N·s/m² o kg/ms);
D diametro della tubazione (m).

In fluidodinamica l'equazione di Colebrook e

White permette di ricavare il coefficiente di attrito di un generico fluido in condotta:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left(\frac{\varepsilon/D}{3,71} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

Dove:
λ coefficiente d'attrito (-);
Re numero di Reynolds (-);
D diametro della tubazione (m);
ε coefficiente di scabrezza (-);
log logaritmo in base 10.

"A causa dell'implicita natura dell'equazione di Colebrook, la determinazione del coefficiente d'attrito richiede alcune iterazioni o l'utilizzo di un metodo di risoluzione"; in alternativa può essere risolta per via grafica utilizzando l'**Abaco di Moody** che fornisce appunto il valore del coefficiente d'attrito in funzione del numero di Reynolds e della scabrezza relativa (E/D). Qualunque sia il regime di flusso (laminare, transizionale o turbolento), l'Abaco di Moody permette di determinare le perdite distribuite.

"Le perdite di carico concentrate sono quelle dovute alla presenza di curve, gomiti, strozzature e bruschi allargamenti, valvole e organi di regolazione, filtri ecc."² Il parametro che permette di calcolarle è un coefficiente di resistenza localizzata K, secondo la seguente formula.

$$J_D = K \frac{v^2}{2gD}$$

Dove:
K coefficiente di resistenza localizzata(-);
v velocità del fluido all'interno del tubo (m/s);
g accelerazione di gravità (m/s²);
D diametro della tubazione (m).

"I valori del coefficiente K relativi ad ogni perdita localizzata che lo specifico impianto di progetto presenta sono normalmente ottenuti per via sperimentale, maggiorati per ragioni cautelative; i valori più comuni sono reperibili in forma tabellare (vedi Tabella 5.1)."²

Il sistema di sollevamento per portare il fluido dalla quota z_o alle varie quote di utilizzo z_n dovrà presentare prevalenza manometrica (m.c.a.) adeguata a superare il dislivello tra il baricentro della pompa ed il punto più lontano dell'impianto, che dovrà essere raggiunto con una pressione del fluido adeguata a garantire il funzionamento, una pressione eccessiva solleciterebbe oltremodo le tubazioni, di contro una pressione troppo bassa sarebbe incompatibile con il corretto funzionamento degli apparecchi interni e dei gocciolatori, infine la prevalenza della pompa dovrà superare il contributo negativo delle perdite di carico che il fluido incontra lungo la tubazione:

$$H = H_g + J_D + J_L$$

Dove:
H prevalenza manometrica pompa (m.c.a.);
H_g dislivello tra baricentro pompa e punto più sfavorevole dell'impianto (m);
J_L perdite di carico localizzate (m);
J_D perdite di carico distribuite (m).

¹ https://it.wikipedia.org/wiki/Equazione_di_Colebrook

² http://www.unibg.it/dati/corsi/8609/17600-Cap_4.pdf

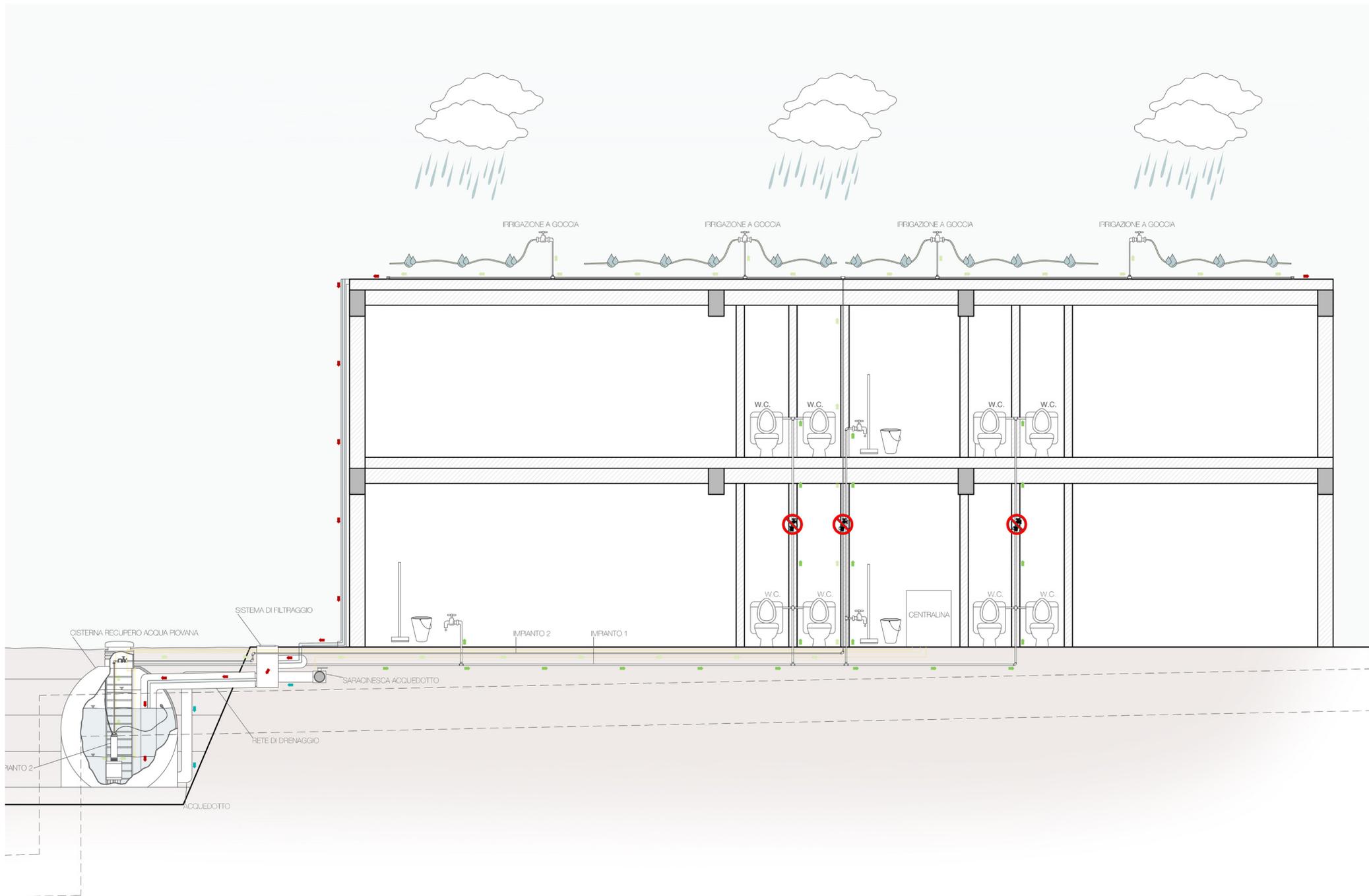


Figura 5.9 Schema di funzionamento del sistema di recupero dell'acqua piovana

Caso	Impianto di sollevamento	Elettropompa sommersa	Distanza foro per l'ingresso dell'acqua da fondo vasca (m)	Dislivello pompa - punto più sfavorevole Hg (m)	Diametro interno della tubazione Di (m)	Diametro esterno della tubazione De (m)	Lunghezza della tubazione L (m)
1	1	A	0,50	6,50	0,026	0,032	40,00
2	1	A	0,50	6,50	0,026	0,032	40,00
3	1	A	0,50	6,50	0,026	0,032	40,00
4	1	A	0,50	6,50	0,026	0,032	40,00
5	1	A	0,50	6,50	0,026	0,032	40,00
6	2	B	0,50	10,00	0,012	0,018	96,00
7	2	B	0,50	10,00	0,012	0,018	96,00
8	2	B	0,50	10,00	0,012	0,018	96,00

Caso	Portata defluente Q (l/min)	Velocità del flusso d'acqua v (m/s)	Cadente piezometrica J (m/m)	Perdita di carico distribuita J _D (m)	Perdita di carico localizzata J _L (m)	Prevalenza manometrica residua pompa H (m)	Pressione nel punto più sfavorevole P (atm)
1	50,00	1,58	0,1166	4,67	2,39	12,44	1,24
2	40,00	1,26	0,077	3,08	1,52	16,90	1,69
3	30,00	0,95	0,044	1,76	0,86	20,88	2,09
4	15,00	0,50	0,013	0,52	0,25	23,73	2,73
5	23,50	0,74	0,0296	1,18	0,54	22,81	2,28
6	7,00	1,03	0,1445	13,82	1,62	6,50	0,65
7	8,00	1,17	0,1831	17,30	2,09	2,60	0,26
8	5,83	0,84	0,1003	9,60	1,13	11,20	1,12

Caso	Impianto di sollevamento	Perdita di carico localizzata raccordo ad L J _{L1} (m)	Perdita di carico localizzata raccordo ad T J _{L2} (m)	Perdita di carico localizzata raccordo a croce J _{L3} (m)	Perdita di carico localizzata valvola di non ritorno J _{L4} (m)	Perdita di carico localizzata valvola di intercettazione J _{L5} (m)	Perdita di carico localizzata valvola a farfalla J _{L6} (m)
1	1	0,95	0,38	0,38	0,25	0,25	0,18
2	1	0,60	0,24	0,24	0,16	0,16	0,12
3	1	0,34	0,14	0,14	0,09	0,09	0,06
4	1	0,098	0,038	0,038	0,026	0,026	0,02
5	1	0,21	0,085	0,085	0,060	0,060	0,042
6	2	0,81	0,24	0,24	0,11	0,11	0,11
7	2	1,05	0,31	0,31	0,14	0,14	0,14
8	2	0,56	0,17	0,17	0,075	0,075	0,075

Tabella 5.13 Dimensionamento degli impianti di sollevamento che utilizzano le elettropompe sommerse pe soddisfare parte del fabbisogno idrico dell'edificio 2

5.3.3 Caratteristiche della pompa e verifica NPSH

La pompa elettrosommersibile utilizzata per i due sistemi di sollevamento di progetto, deve essere adeguatamente scelta per garantire alle quote desiderate, le portate richieste, fornendo le giuste pressioni di utilizzo alle dotazioni che ne fanno uso; l'impianto di sollevamento garantisce una pressione compresa tra 0,5 e 3 atm, all'interno di questo intervallo si possono utilizzare le apparecchiature (servizi, rubinetti, gocciolatori) preservandone il funzionamento. Il principale prospetto che fornisce informazioni sul funzionamento della pompa è la **curva caratteristica della pompa**, tale rappresentazione grafica esprime la relazione tra la sua portata e la sua prevalenza.

"La trasposizione all'interno di un grafico cartesiano di questo rapporto (vedi Figura 28.2), è il modo migliore per conoscere quale portata si otterrà ad una data prevalenza; la curva consiste in una linea che parte da un punto (equivalente a zero portata/ massima prevalenza) e che arriva fino alla fine della curva con la riduzione della prevalenza all'aumentare della portata.

Per comprendere questa relazione si può pensare ad una pompa che scarica un fluido all'interno di un tubo, il liquido raggiungerà un livello massimo oltre il quale non può salire: ciò equivale alla prevalenza massima che la pompa può sviluppare senza nessuna uscita di flusso all'esterno della pompa, in questo caso la portata sarà nulla. Se successivamente facessimo un buco nel tubo in corrispondenza del livello massimo del liquido, allora la prevalenza si ridurrebbe con conseguente generazione di portata."

1 <http://www.savinoabarbera.com/curva-pompe-centrifughe/>

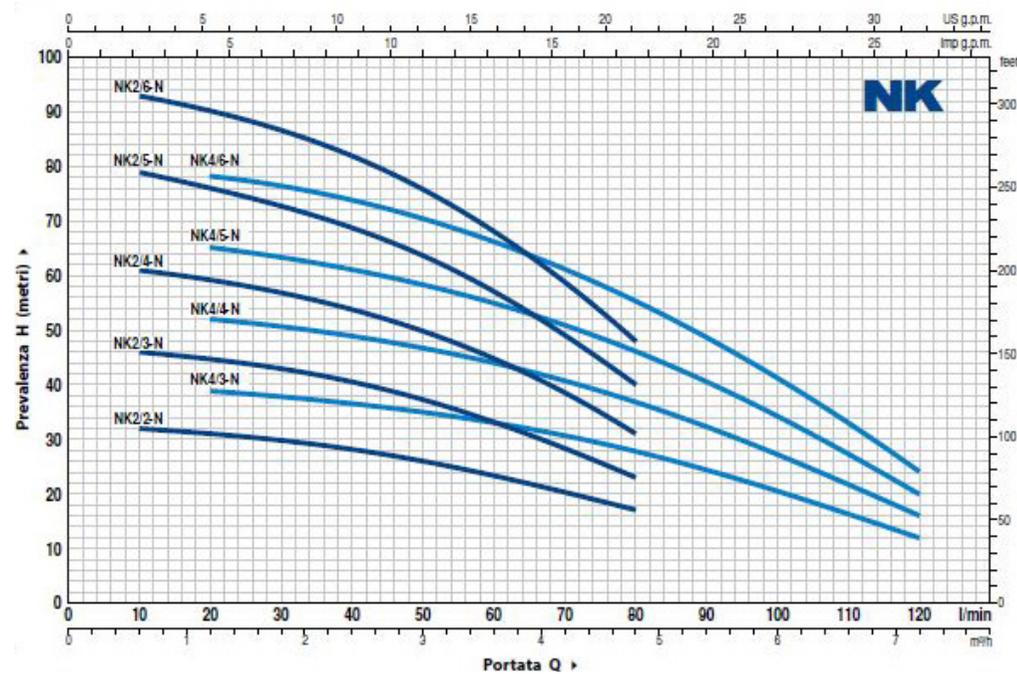


Tabella 5.14 Curva caratteristica della pompa NK 2/2-N in uso

La verifica del parametro **NPSH** (Net Positive Suction Head) permette di testare l'efficienza della pompa e l'assenza della cavitazione; "questo parametro rappresenta l'altezza totale di carico all'ingresso della pompa, misurata rispetto al piano di riferimento (asse di rotazione della pompa), aumentata dell'altezza corrispondente alla pressione atmosferica e diminuita dell'altezza corrispondente alla tensione di vapore";

Il valore dell' NPSH si esprime in metri. Secondo la norma UNI EN 12845, si possono distinguere due valori di NPSH:

- **NPSH richiesto** dal costruttore per ottenere un buon funzionamento della pompa;

2 <http://www.idro-elettrica.it/News/Magazine/tabid/399/ID/94/Il-concetto-di-NPSH-nella-UNI-EN-12845.aspx#.WyuFMqcaU1>

- **NPSH disponibile** che dipende dalle condizioni di installazione e deve essere calcolato dal progettista dell'impianto. Perché l'impianto funzioni secondo le aspettative senza incorrere nel pericolo della cavitazione occorre che:

$$NPSH_D > NPSH_R + 1 \text{ m}$$

Dove:

NPSH_R richiesto (m);

NPSH_D disponibile (m).

$$NPSH_D = z_0 + \left(\frac{P_0 + P_b + P_v}{\rho g} \right) - J$$

Dove:

z₀ pari a 0,10 m quota più sfavorevole del pelo libero rispetto al centro della bocca di aspirazione della pompa (m);

P_v Tensione di vapore, pari a 7,38 kPa a 40°;

P_b Pressione atmosferica assoluta, pari a 102 kPa equivalente a 1 atm;

P₀ Pressione effettiva sulla superficie libera, per il serbatoio in atmosfera pari a 0 (kPa);

ρ_{imbocco} Perdita di carico totale nella tubazione di aspirazione, pari a 0,15 m;

g accelerazione di gravità, pari a 9,81 m/s²;
 massa volumica dell'acqua, pari a 992,2 Kg/m³ per la temperatura considerata.

L'NPSH è una funzione della portata Q. L'NPSH_D si riduce all'aumentare di Q, in quanto aumentano le perdite di carico; l'NPSH_R aumenta all'aumentare di Q, poiché all'aumentare di Q, aumenta l'energia richiesta dalla pompa per lavorare in assenza di cavitazione. Per ogni Q i precedenti parametri cambiano, portando alle curve sottostanti.

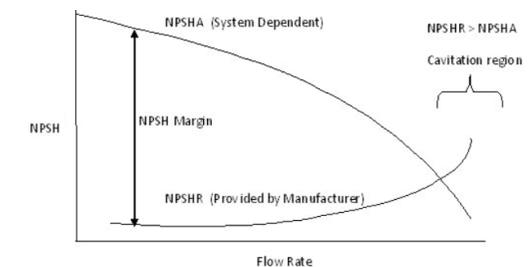


Tabella 5.15 NPSH_D e NPSH_R

Di conseguenza finché ci troveremo sulla parte sinistra del grafico, l'impianto potrà mantenersi efficiente senza rischi per la cavitazione per la pompa, diversamente se ci troveremo sulla parte destra, o sull'intersezione delle due curve, l'impianto è a rischio.

5.3.4 Curva di funzionamento

Per la pompa in esame, con la portata considerata, si determina il valore di $NPSH_R$ (vedi Figura 28.4).

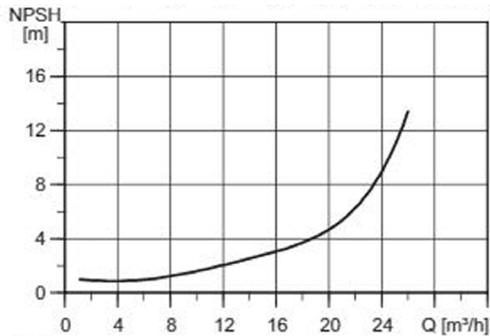


Tabella 5.16 $NPSH_R$ pompa per la verifica finale
Ricordando il significato fisico del termine **cavitazione**, il fenomeno fisico consiste nella formazione di zone di vapore gas o vuoto all'interno di un fluido che poi implodono producendo un rumore sordo, ciò danneggia gravemente il sistema di pompaggio; ciò avviene a causa dell'abbassamento locale di pressione ad un valore inferiore alla tensione di vapore del liquido stesso, che subisce così un cambiamento di fase a gas, formando delle cavità contenenti vapore.

Per la verifica dell'impianto in esame, sottobattente, si è considerato il caso più sfavorevole, cioè il caso con il più alto valore di portata Q pari a 50 l/min , velocità v pari a $1,58 \text{ m/s}$ prendendo in considerazione il valore del battente e della perdita di imbocco all'aspirazione della pompa più gravosi. La suddetta verifica condotta sull'impianto di progetto, ha restituito esito positivo, confermando l'assenza di rischio di cavitazione:

$$9,67 \text{ m} > 2 \text{ m} \quad \text{NO CAVITAZIONE}$$

Finora si sono analizzate in modo separato le prestazioni dell'impianto al variare della portata, e la curva caratteristica della pompa. Una volta collegata la pompa all'impianto di sollevamento, si definisce il **punto di funzionamento dell'impianto**, che risulterà dall'intersezione tra la curva caratteristica dell'impianto e quella della macchina (vedi Figura 28.2).

"Nel punto di intersezione tra le due curve si ha il raggiungimento dell'equilibrio dinamico tra ciò che l'impianto richiede e ciò che la macchina fornisce; il punto di funzionamento dell'impianto può variare nel tempo se, all'interno delle tubazioni vi è un incremento delle perdite, dovuto ad ostruzioni fisiche della rete, oppure la posizione del punto varia se ad esempio cambia il regime di rotazione della pompa, con incremento o decremento della prevalenza manometrica della stessa; ugualmente può variare se si agisce sul grado di apertura di una valvola posta lungo la tubazione, in questo caso la presenza della valvola costituisce una perdita localizzata, tanto maggiore quanto più la valvola verrà chiusa, stessa conseguenza può scaturire, dall'aumento della scabrezza della condotta.

L'intersezione tra le due curve non cade sempre in condizioni di accoppiamento stabile. Quando infatti la pendenza della curva dell'impianto risulta minore rispetto a quella della pompa, l'accoppiamento non risulta più stabile ed insorgono fenomeni di instabilità.

Se infatti ci troviamo in presenza di una situazione con curva dell'impianto molto inclinata (vedi Figura 28.3), fissata l'intersezione tra le due curve in uno specifico punto B_1 , a causa dell'insorgenza di un disturbo, l'impianto ri-

PUNTO DI FUNZIONAMENTO IMPIANTO 1

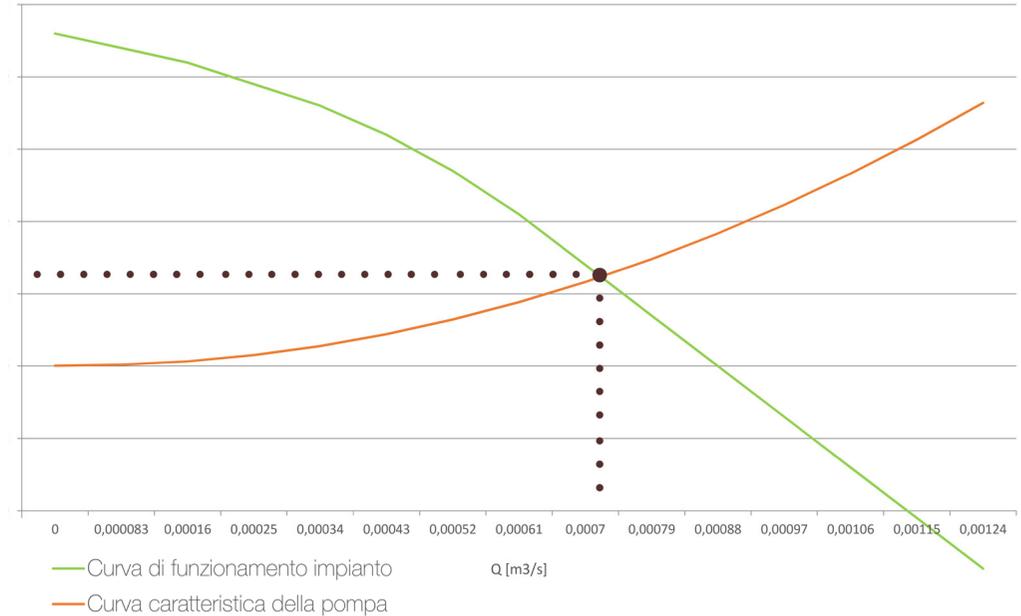


Tabella 5.17 Curva di funzionamento dell'impianto 1 chiede una maggiore prevalenza, con risposta immediata della pompa che aumenterà la portata. L'impianto reagirà aumentando la prevalenza richiesta, causando una progressiva amplificazione del disturbo originale che porterà all'allontanamento dalle condizioni di funzionamento originali, fino al punto di massimo della curva in B_2 .

Ciò non avviene se il punto risulta essere B , se si genera un disturbo che richiede un incremento di prevalenza per l'impianto, la pompa ridurrà la portata, riportando il punto di funzionamento nella posizione originale. L'insorgere di instabilità (pompaggio), dipende da macchina a macchina e dall'accoppiamento macchina - impianto; esso dipende

dalla presenza nella curva della pompa di un massimo ma anche dalla capacità di smorzamento delle perturbazioni dell'impianto."¹

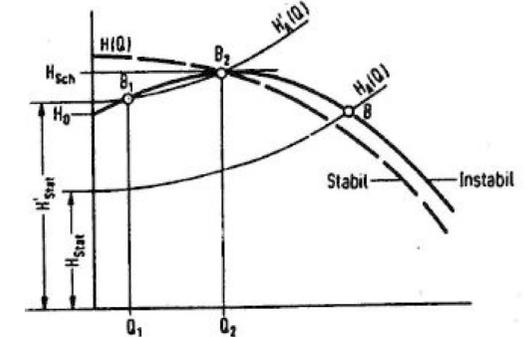


Tabella 5.18 Esempio fenomeno del "pompaggio"

¹ http://www.unibg.it/dati/corsi/8609/17600-Cap_4.pdf

- 1 Sostegno in acciaio della pompa sommersa
- 2 Griglia di aspirazione in acciaio inox, completa di piedini antivibranti
- 3 Sensore di livello minimo dell'acqua
- 4 Camicia esterna pompa sommersa A, provvista di bocca di mandata filettata
- 5 Valvola di sfiato automatica
- 6 Bocca filettata di innesto tubazione di mandata DN 4 cm
- 7 Cavo di collegamento al galleggiante
- 8 Cavo elettrico di comando per regolazione, accensione e spegnimento
- 9 Catena di sollevamento pompa
- 10 Colonna di mandata in polietilene
- 11 Gomito tubazione a 90° con flange metalliche
- 12 Chiusino di ispezione
- 13 Valvola di non ritorno flangiata
- 14 Valvola di intercettazione
- 15 Pressometro
- 16 Centralina elettronica di controllo
- 17 Sirena allarme
- 18 Lampada allarme
- 19 Scala di ispezione
- 20 Tubazione di ingresso condotta di progetto in PE
- 21 Tubazione di ingresso da acquedotto
- 22 Troppo pieno in PE collegato a sistema di raccolta dell'acqua
- 23 Camicia esterna pompa sommersa B, provvista di bocca di mandata filettata
- 24 Vasca di calma in PE
- 25 Cisterna interrata da 30000 L

1 CAMICIA ESTERNA	Acciaio inox AISI 304, provvista di bocca di mandata filettata ISO 228/1		
2 GRIGLIA DI ASPIRAZIONE	Acciaio inox AISI 304, completa di piedini antivibranti		
3 CAMICIA MOTORE	Acciaio inox AISI 304		
4 GIRANTI E DIFFUSORI	Noryl FE1520PW		
5 DIAFRAMMI	Acciaio inox AISI 304		
6 ALBERO MOTORE	Acciaio inox EN 10088-3 - 1.4104		
7 DOPPIA TENUTA MECCANICA CON CAMERA D'OLIO INTERPOSTA	Tenuta	Albero	Posizione
	Tipo	Diametro	Anello fisso
	STA-17	Ø 17 mm	Lato motore
	STI-16	Ø 16 mm	Lato pompa
			Ceramica
			Carburo di silicio
8 CUSCINETTI	6303 2RS - C3 / 6203 ZZ - C3E		
9 CONDENSATORE	Elettropompa	Capacità	
		(230 V o 240 V)	
	NKm 2/2 GE-N		
10 MOTORE ELETTRICO	NKm monofase 230 V - 50 Hz con salvamotore termico incorporato nell'avvolgimento.		
	NK: trifase 400 V - 50 Hz.		
	- Isolamento: classe F		
	- Protezione: IP X8		
11 CAVO DI ALIMENTAZIONE	= Di tipo "DRINCABLE" approvato per impiego in acqua potabile dall'ente "WRAS" secondo BS 6920, approvazione n. 7513 Lunghezza standard 20 metri		
12 VALVOLA DI SFIATO AUTOMATICA			
13 PIEDINI ANTIVIBRANTI			
14 INTERRUTTORE A GALLEGGIANTE ESTERNO			

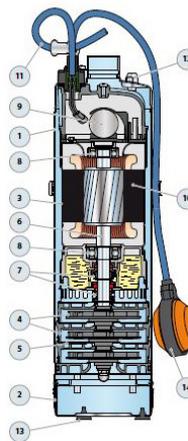


Figura 5.10 Elettropompa sommersa utilizzata

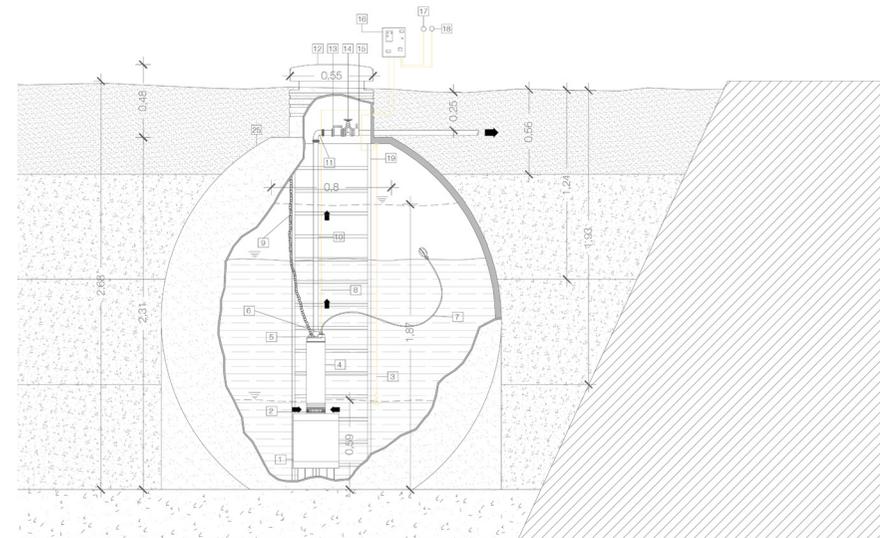


Figura 5.12 Sezione trasversale interno della cisterna

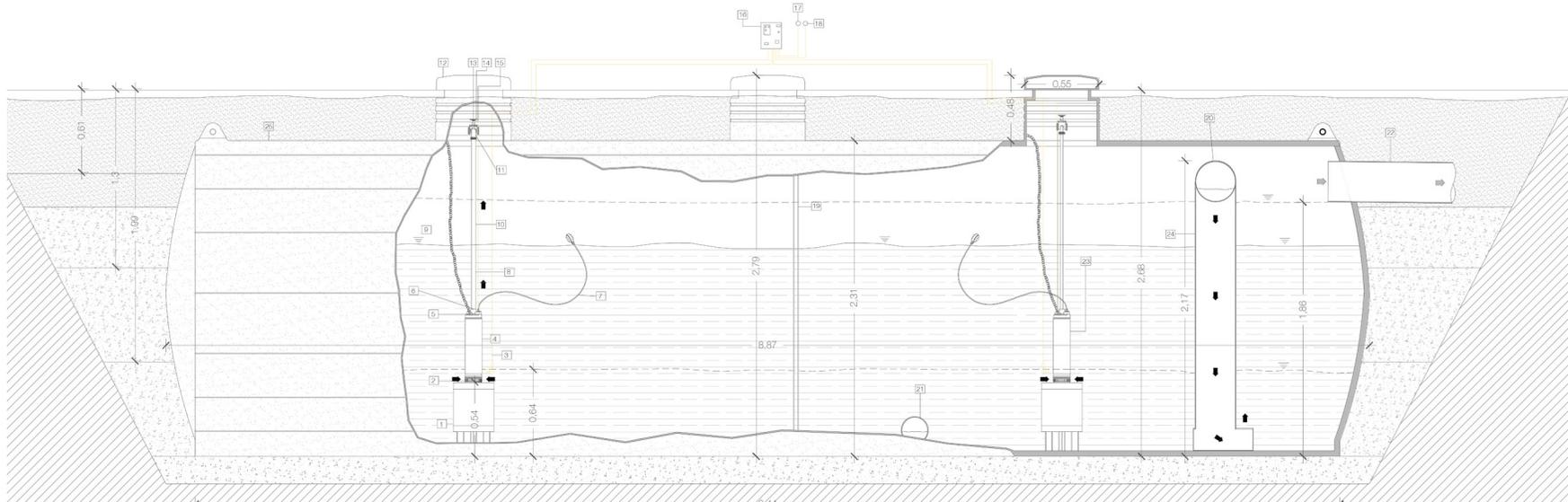


Figura 5.11 Sezione longitudinale interno della cisterna

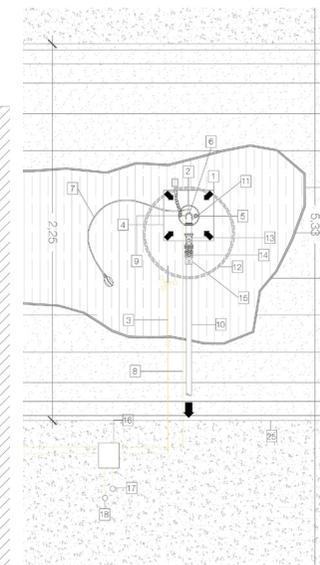


Figura 5.13 Vista dall'alto



PROGETTO GEOTECNICO

6. Progetto geotecnico

La sicurezza per la favela

6.1 Introduzione

Dalle analisi svolte in sito, all'interno dell'area di progetto ed in generale in tutta la favela, emerge una caratterizzazione granulometrica del terreno omogenea e ben definita. La superficie del terreno, infatti presenta diversi affioramenti di roccia compatta alternati a terra bruna, alternata a colate di cemento localizzate.

La morfologia di forte pendenza del sito, che ospita la comunità informale di Rocinha, non rileva problematiche di dissesto o di scivolamento, nonostante la notevole densità abitativa dell'aggregato, che alterna edifici di 1 o 2 piani largamente diffusi all'interno del tessuto urbano, ad altissimi edifici presumibilmente senza adeguate misure di sicurezza relativa alle fondazioni ed alla struttura, indicherebbe la matrice rocciosa del terreno.

Sempre facendo riferimento a quanto ipotizzato, nella **mappa del rischio idrogeologico** (vedi Figura 29.0), il territorio viene rappresentato secondo tre colorazioni diverse che rappresentano il rischio progressivo, il verde rappresenta la condizioni di basso rischio, il giallo rappresenta la condizione di medio rischio ed il rosso rappresenta la condizione di rischio elevato; si può vedere come all'interno dell'area di progetto il rischio sia essenzialmente assente o minimo essendo

il campo contrassegnato da un colore verde, sono da escludere, essendo il terreno compostoda roccia affiorante talvolta ricoperta da terra bruna o cemento, cinematismi di scivolamento verso valle o dissesti idrogeologici all'interno di quest'area.

Diversamente al di sopra dell'area, in corrispondenza del pendio che sovrasta Estrada da Gavea alta, viene identificato un fattore di rischio intermedio, contrassegnato con il colore giallo, il rischio di medio livello è ragionevolmente dovuto al pericolo di caduta massi provenienti dal costone roccioso immediatamente soprastante.

La parte di territorio colorata di rosso dove il rischio risulta elevato è limitata ad alcune aree ai confini Ovest su Alto da Boa Vista, Est ai piedi del Morro del Dois Irmaos verso Vidigal e in una porzione a Nord verso Gavea.

Il pendio oggetto dell'analisi è composto da singoli blocchi monolitici prevalentemente di forma cubica e tendenzialmente di dimensioni omogenee, che sono disposti secondo diverse giaciture; un intervento di messa in sicurezza parziale è visibile (vedi Figura 28.8-9) e riguarda una rete metallica di trattenuta che blocca i detriti e piccoli ammassi rocciosi in caduta dal versante verso la strada.



Figura 6.1 Pendio situato sopra l'area di progetto



Figura 6.2 Terreno dentro l'area di progetto



Figura 6.3 Terreno dentro l'area di progetto



Figura 6.4 Mappa del rischio idrogeologico di Rocinha, Prefeitura de Rio de Janeiro

6.2 Sicurezza versante

6.2.1 Analisi singolo blocco

Dalle valutazioni di cui sopra, emerge come il principale problema geotecnico riguardi la messa in sicurezza del pendio che fiancheggia Estrada da Gavea alta, per restituire senso di sicurezza alla comunità.

Si procederà quindi alla stabilizzazione di alcuni blocchi tipo che compongono il versante, che possono essere individualmente instabili, l'**analisi sul singolo blocco** si concentrerà su una o più tipologie di blocco di dimensioni standard effettuandone un'analisi statica affrontando il problema dello scorrimento, ciò prevede la verifica a scivolamento e la verifica a ribaltamento degli oggetti tipo, con successivo dimensionamento di un sistema di ancoraggio nel terreno di tipo attivo con tiranti; la messa in tensione minimizza le successive deformazioni del sistema.

Il versante oggetto dell'analisi, presenta un profilo quasi verticale, composto, come detto, da elementi monolitici disposti secondo diverse giaciture, la giustapposizione di questi elementi, forma un profilo a gradoni, che nel complesso conferisce la verticalità al pendio (vedi Figura 29.2), per la definizione del modello di studio vengono definite le caratteristiche del terreno:

- angolo d' attrito interno, esprime la risposta all'azione di taglio tra blocco e terreno e viene posto pari a 30° ;

- pendenza del pendio, esprime l'inclinazione del pendio rispetto all'orizzontale e viene posto pari a 45° ;

- coesione, è una forza di tipo attrattivo che agisce tra le molecole del terreno, questa for-

za oppone una certa resistenza alle forze che tendono a separare le particelle di terreno, essa collabora con l'attrito interno, alla resistenza al taglio delle terre, nel nostro caso, nell'impossibilità di valutare con precisione lo stato dell'ammasso roccioso e considerando intensamente fratturato il blocco, la coesione viene posta pari a 0 ;

- peso specifico, rappresenta il rapporto tra il peso delle particelle ed il relativo volume, per l'acqua è pari 10 kN/m^3 , per il blocco monolitico è pari a 25 kN/m^3 ;

L'analisi prevede lo svolgimento delle successive verifiche:

- **Verifica allo scivolamento**, tale verifica viene effettuata sul piano di posa del singolo blocco considerato e consiste nell'imporre l'equilibrio alla traslazione lungo il piano di scivolamento tra tutte le forze del sistema, tra esse abbiamo la forza peso, le reazioni sulla superficie di contatto tra blocco e terreno, la sottospinta dell'acqua, che contribuisce in maniera peggiorativa al raggiungimento della condizione di stabilità; l'equilibrio deve essere soddisfatto applicando un opportuno fattore di sicurezza F_s pari a 1,3 come prescritto da normativa D.M. 11/03/1988.

- **Verifica al ribaltamento**, tale verifica consiste nell'imporre la verifica alla rotazione intorno ad un punto del blocco, valutando le azioni ribaltanti e le azioni stabilizzanti. Si ipotizza che un eventuale ribaltamento dell'opera, possa avvenire attorno ad un punto O . Dopo aver definito il braccio della forza ribaltante ed il braccio della forza stabilizzante, si procede alla definizione del mo-

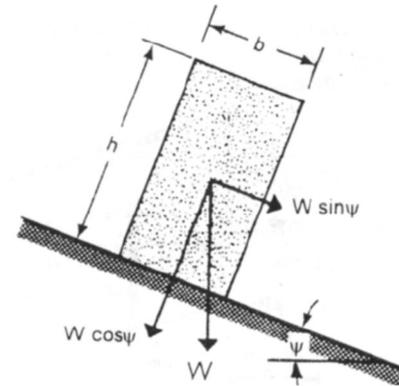


Figura 6.5 Condizioni di stabilità del blocco
mento resistente e del momento sollecitante; l'equilibrio viene soddisfatto applicando un opportuno fattore di sicurezza F_s pari a 1,5 come prescritto da normativa D.M. 11/03/1988.

Come si può vedere dall'esempio di cui sopra, effettuato in assenza di acqua, se assumiamo che il blocco sia più o meno allungato, in relazione al **ribaltamento**, variando il rapporto b/H , rispetto al valore critico che è rappresentato dalla tangente dell'angolo di inclinazione del pendio, si ha che finché il blocco è abbastanza tozzo, la forza peso cade all'interno della base e viene preservata la stabilità; se contrariamente il blocco risulta più snello, variando le caratteristiche geometriche dell'oggetto e quindi il rapporto b/H , la forza peso può cadere fuori dalla base, questa situazione ha come condizione limite l'allineamento verticale tra forza peso e

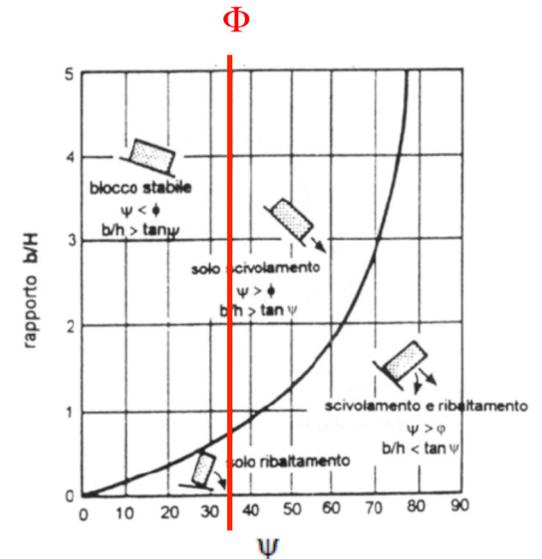


Tabella 6.1 Stabilità del blocco

spigolo più esterno del blocco (vedi Figura 29.2), superata questa fase si avrà il cinematico di ribaltamento, le formule che definiscono questo equilibrio sono le seguenti:

$$\frac{b}{H} < \tan \psi$$

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

Ai fini dello **scivolamento**, la stabilità del blocco è legata al fatto che la rugosità alla base dello stesso sia maggiore o uguale rispetto all'inclinazione del pendio:

$$\tan \psi > \tan \phi$$

$$F_s = 1,5 = \frac{M_{\text{resist}}}{M_{\text{rib}}}$$

Considerando una specifica inclinazione (ricordiamo che il profilo apparentemente verticale del pendio viene ottenuto da diversi piani di scorrimento inclinati), possiamo vedere (vedi Figura 29.2-b) come per diverse inclinazioni imponibili (da 0 a 90°), fissato uno specifico valore di angolo d'attrito, ho quattro zone:

- zona 1, si ha per bassi valori dell'angolo di inclinazione del pendio e blocco tozzo, quasi sempre sarà garantita la condizione di stabilità;

- zona 2, si ottiene incrementando l'inclinazione del pendio, qui il superamento della condizione di scivolamento, provocherà lo spostamento del blocco senza rotazione, siamo ancora nel caso di blocco tozzo;

- zona 3, in basso nel grafico, ottenuta per bassi valori dell'inclinazione del pendio, con incremento dell'altezza del blocco che diventa snello, si arriva alla condizione di ribaltamento senza scivolamento;

- zona 4, in quest'ultimo campo, gli elevati valori assunti dall'angolo di inclinazione del pendio e la snellezza del blocco, portano ad manifestarsi delle due condizioni di scivolamento e ribaltamento, che possono verificarsi contemporaneamente.

L'esempio appena descritto riguarda le due tipologie di blocco, in una situazione generica in assenza di acqua, nel nostro caso, le azioni dell'acqua che si accumula all'interno delle fessure del modello, giocano un ruolo importante ed entrano negli equilibri con la formazione di una sottospinta U .

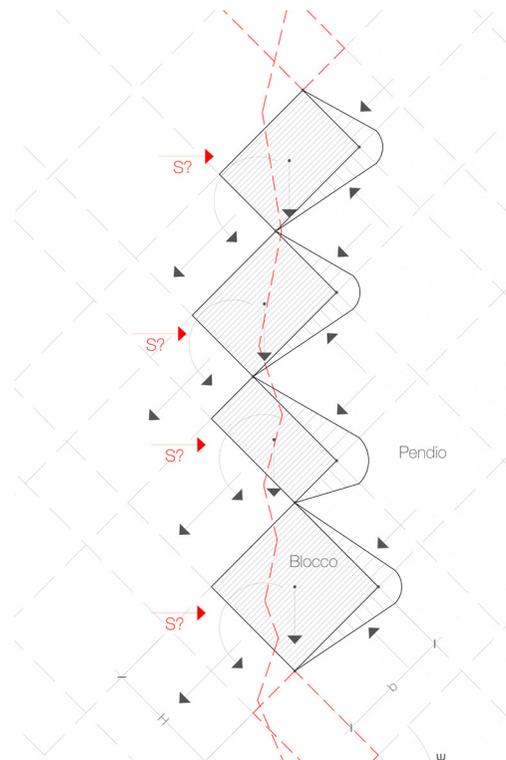


Figura 6.6 Profilo verticale del pendio

Dalla disposizione dei blocchi (vedi Figura 29.3), si possono rilevare delle discontinuità lungo i piani che si estendono in profondità e che separano ciascun elemento dall'altro, se immaginiamo che lungo questi piani, come è ragionevole pensare, vista l'apertura delle spaccature che si trovano in corrispondenza di essi, non ci sia resistenza, possiamo studiare il singolo blocco sottoposto alle azioni tipiche che possono arrivare su di esso per effetto del peso e per effetto della pressione d'acqua che eventualmente andasse a formarsi all'interno delle fessure.

L'acqua, contenuta all'interno della fessura di

tipo 1, che si crea tra un blocco e il successivo, viene considerata idrostatica con distribuzione triangolare delle pressioni, perché queste tipologie di fessure, con il movimento dei blocchi, tendono ad aprirsi, quindi si riesce ad avere stagnazione dell'acqua, mentre le fessure di tipo 2 sono più chiuse e sono caratterizzate da una filtrazione che avviene lentamente, che assume lo stesso valore di pressione che proviene dal punto di intersezione con la fessura precedente e va a zero nell'altro estremo.

Quindi andremo a studiare la stabilità del blocco soprastante, sottoposto al proprio peso, alle reazioni N' e T che nascono dall'interazione con il terreno sottostante, con l'aggiunta delle due sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , il blocco potrà quindi scivolare o subire un ribaltamento in dipendenza delle caratteristiche geometriche b e H .

La stabilizzazione del blocco può essere fatta tendenzialmente in due modi, scegliendo di ridurre la reazione di taglio T oppure aumentando la reazione normale N' , banalmente disponendo il tirante perpendicolare alla linea di inclinazione del pendio, si ottiene il massimo schiacciamento con incremento di N' ; se si inserisce un tirante parallelamente alla linea di inclinazione del pendio si va a neutralizzare il taglio T . Solitamente per la progettazione di opere di contenimento di questo tipo, si sceglie un'inclinazione intermedia capace di equilibrare parte di entrambe le reazioni normale e di taglio. L'obiettivo della progettazione sarà quindi quello di studiare i diversi tipi di blocco secondo le diverse caratteristiche geometriche, applicare una spinta S incognita secon-

do un'inclinazione e cercare di capire quale sia il migliore valore dell'angolo di inclinazione che porta all'ottimizzazione della spinta S .

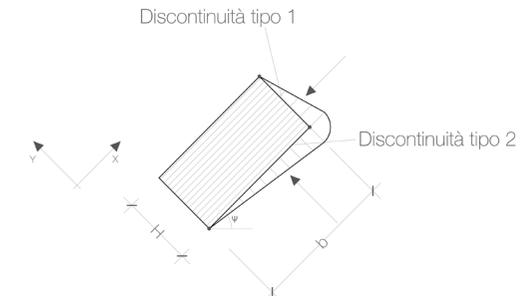


Figura 6.7 Blocco con fessure

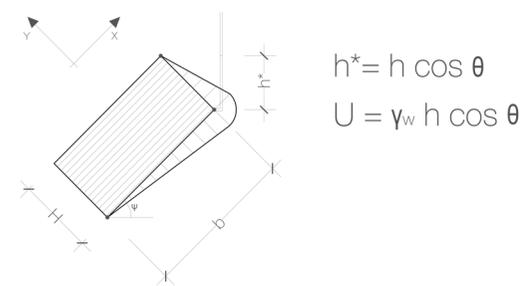


Figura 6.8 Blocco calcolo pressione U

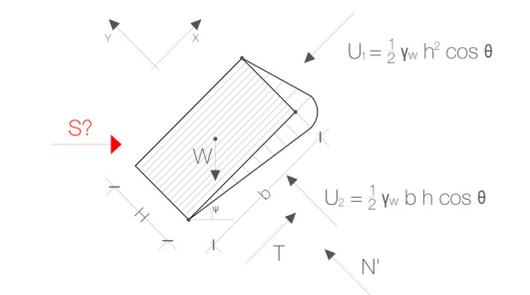


Figura 6.9 Blocco con forze applicate

6.3 Verifiche di stabilità sul blocco di tipo 1

6.3.1 Verifica a scivolamento caso 1

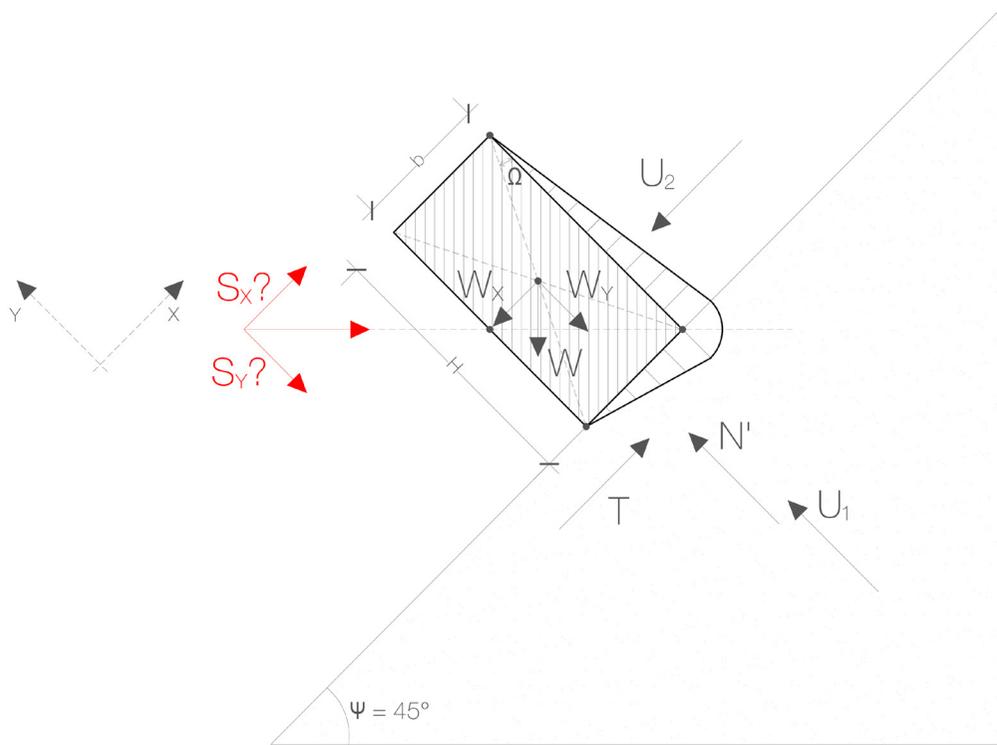


Figura 6.10 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale

Dati

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 1 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita}' = 1 \text{ m} \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$H = 2 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0$$

Se considero di applicare una spinta S orizzontale, il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45 = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2^2 \cdot \cos 45 = 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 - S \cdot \cos 45 = \left(S \cdot \sin 45 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,707 = S \cdot 0,314 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{36,94}{1,021} = 36,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.3.2 Verifica a ribaltamento caso 1

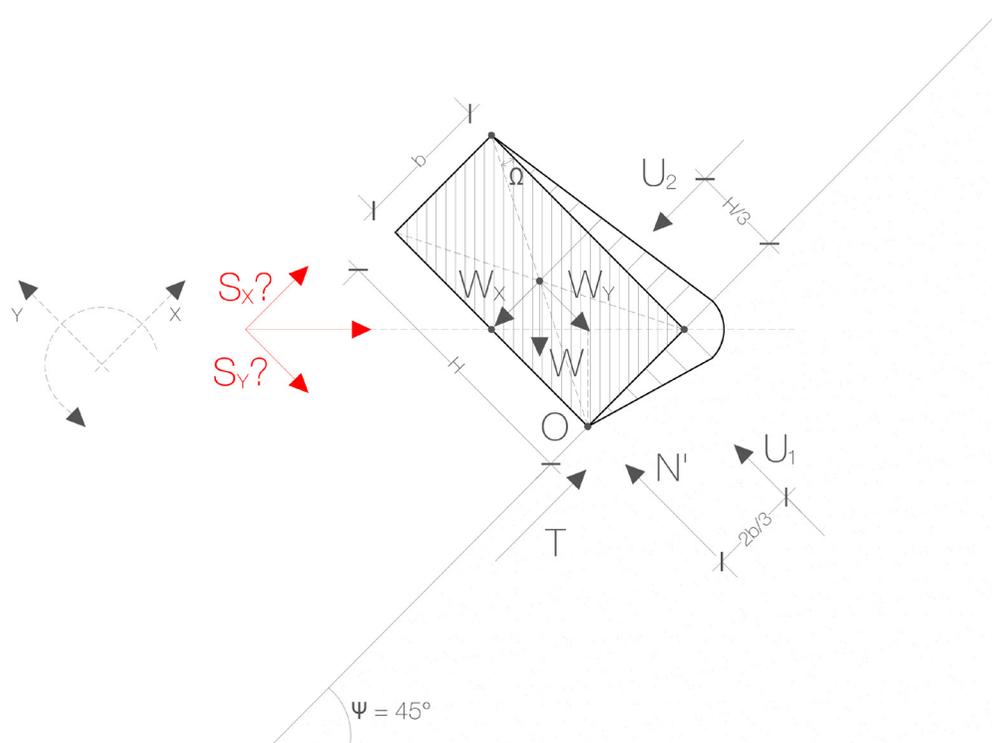


Figura 6.11 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistenti e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{rib} \cdot F_s = M_{resist} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{resist}}{M_{rib}} \quad b_s = 0,707 \text{ m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot \frac{b\sqrt{2}}{2} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ \cdot 0,5 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ \cdot \frac{2}{2} \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} + 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot \frac{b\sqrt{2}}{2} + 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot \frac{b\sqrt{2}}{2} = 1,5 \cdot \left(35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{56,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{\frac{\sqrt{2}}{2}} = 79,97 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; risulta sufficiente l'utilizzo di n°1 trefolo con le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 248 \text{ kN} \quad f_{yk} = 218 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{79,97 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 57,12 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.3.3 Verifica a scivolamento caso 2

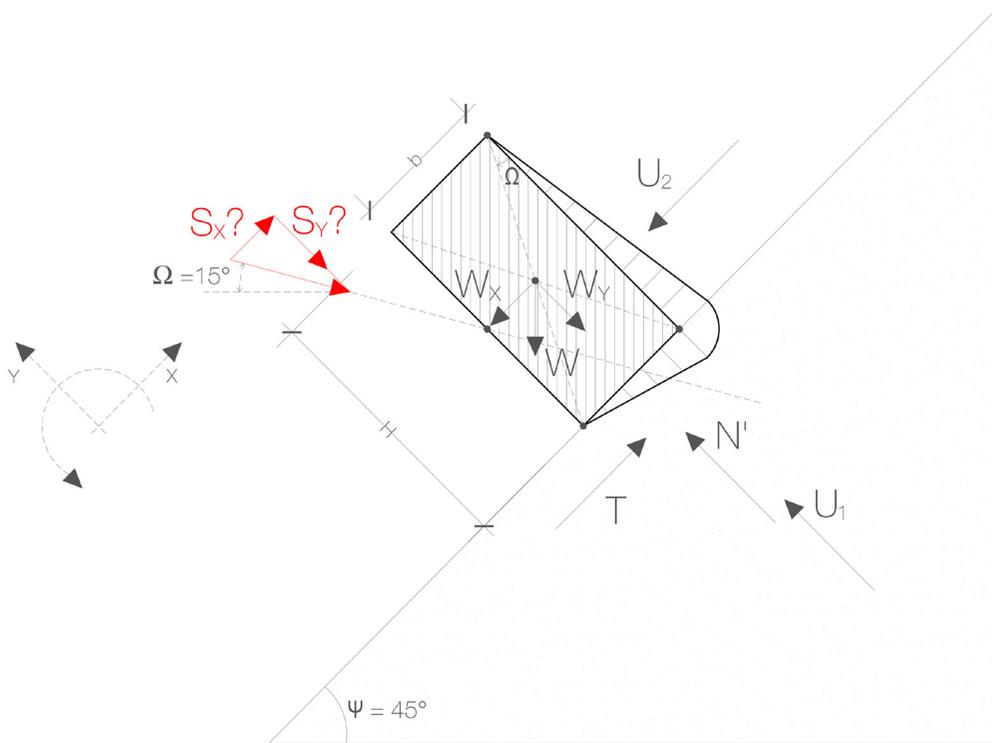


Figura 6.12 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale

Dati:

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 1 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita}' = 1 \text{ m} \\ H = 2 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0 \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Se considero di applicare una spinta S con inclinazione pari a 15° , il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45 = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2^2 \cdot \cos 45 = 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 - S \cdot \cos 60 = \left(S \cdot \sin 60 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,50 = S \cdot 0,385 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{36,94}{0,885} = 41,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.3.4 Verifica a ribaltamento caso 2

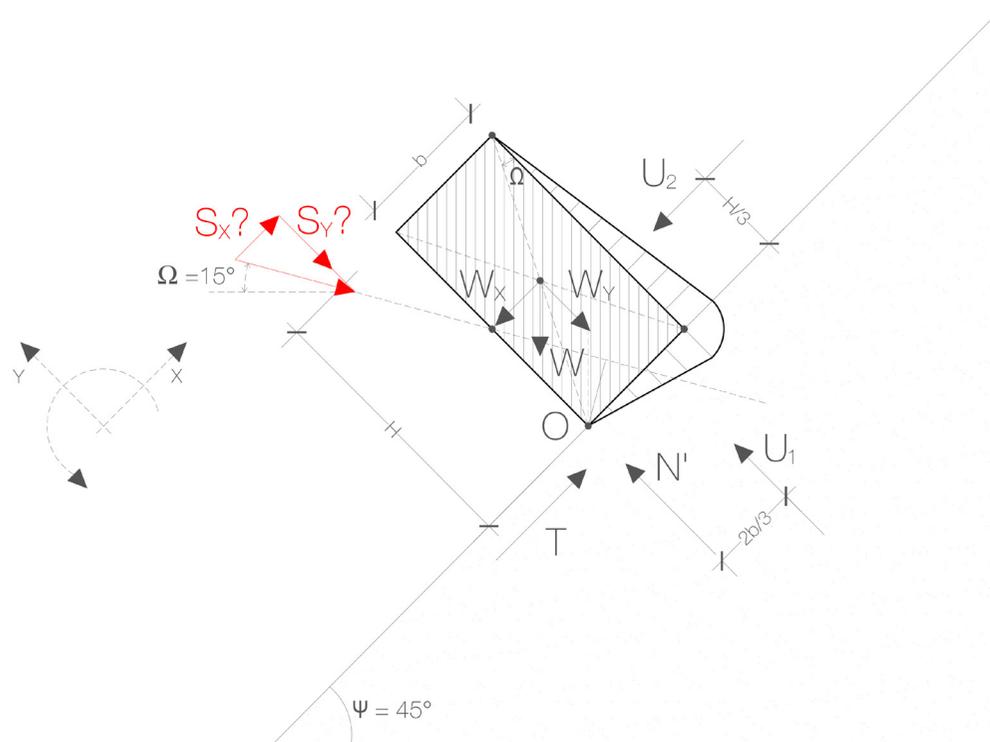


Figura 6.13 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistenti e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{\text{rib}} \cdot F_s = M_{\text{resist}} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{\text{resist}}}{M_{\text{rib}}} \quad b_s = 0,5 \text{ m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,5 \text{ m} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ \cdot 0,5 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ \cdot \frac{2}{2} \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} + 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,5 \text{ m} + 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot 0,5 \text{ m} = 1,5 \cdot \left(35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{56,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,5 \text{ m}} = 113,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; risulta sufficiente l'utilizzo di n°1 trefolo con le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 248 \text{ kN} \quad f_{yk} = 218 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{113,11 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 80,79 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.3.5 Verifica a scivolamento caso 3

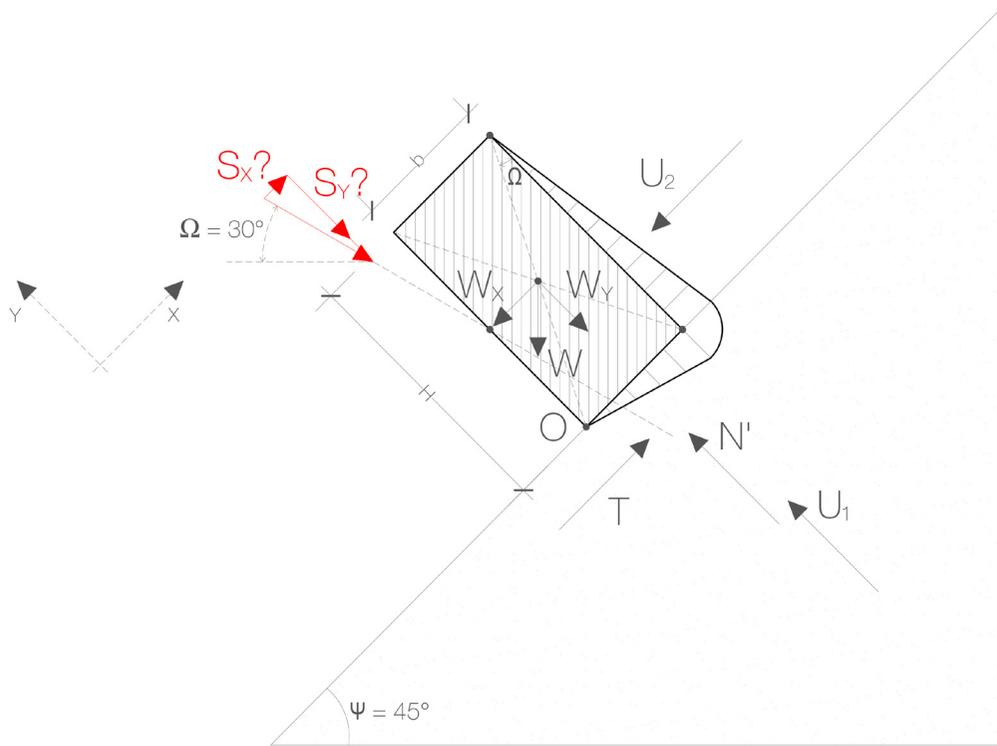


Figura 6.14 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale

Dati:

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 1 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita}' = 1 \text{ m} \\ H = 2 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0 \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Se considero di applicare una spinta S con inclinazione pari a 30° , il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45 = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2^2 \cdot \cos 45 = 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 - S \cdot \cos 75 = \left(S \cdot \sin 75 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30}{1,3}$$

$$14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,259 = S \cdot 0,429 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{36,94}{0,688} = 53,69 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.3.6 Verifica a ribaltamento caso 3

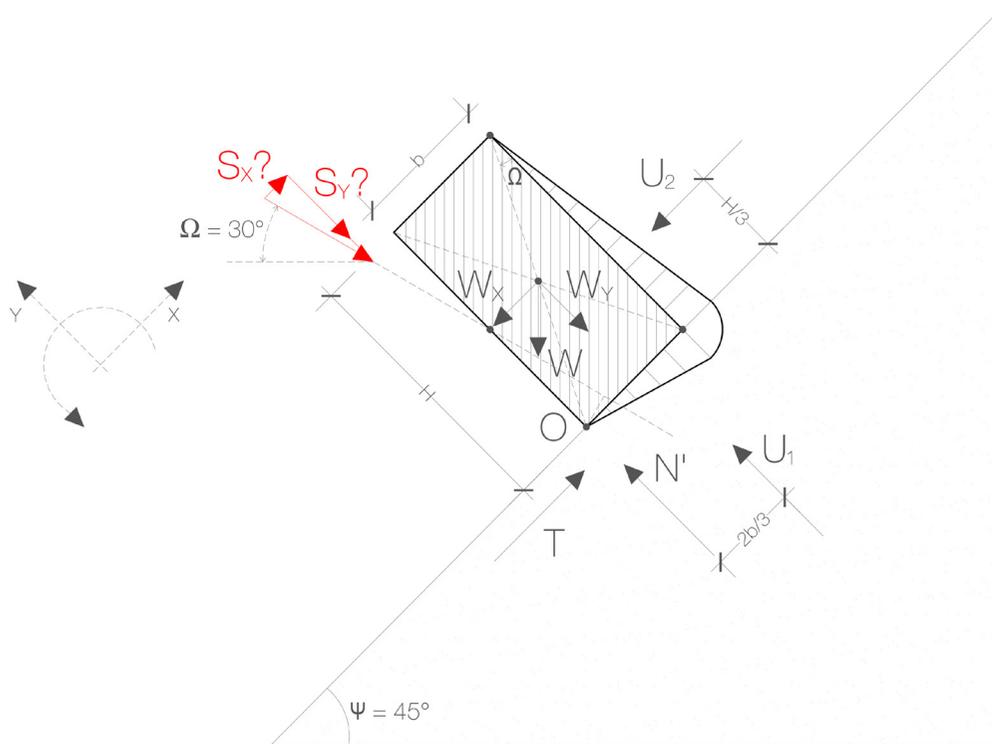


Figura 6.15 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistente e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{\text{rib}} \cdot F_s = M_{\text{resist}} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{\text{resist}}}{M_{\text{rib}}} \quad b_s = 0,259 \text{ m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,259 \text{ m} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 \cdot 0,5 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 \cdot \frac{2}{2} \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 1 \text{ m} + 14,15 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 2 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,259 \text{ m} + 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot 0,259 \text{ m} = 1,5 \cdot \left(35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 4,71 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{56,55 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,259 \text{ m}} = 218,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; non risulta sufficiente l'utilizzo di un trefolo standard ma si fa uso di una tipologia High Grade che presenta le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 260 \text{ kN} \quad f_{yk} = 230 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{218,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 155,97 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.4 Verifiche di stabilità sul blocco di tipo 2

6.4.1 Verifica a scivolamento caso 4

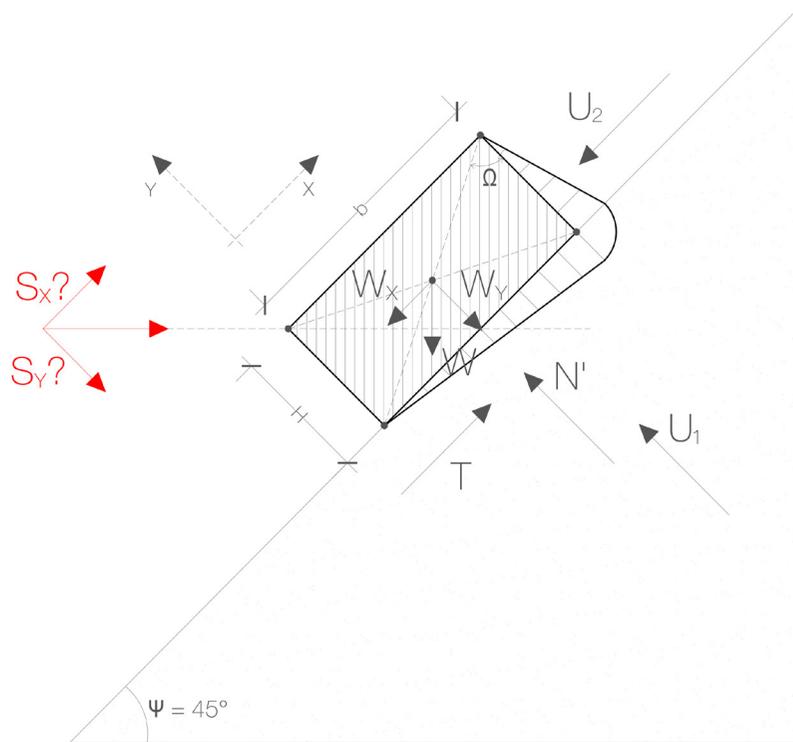


Figura 6.16 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale

Dati

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 2 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita} = 1 \text{ m} \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$H = 1 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0$$

Se considero di applicare una spinta S orizzontale, il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45 = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \cdot \cos 45 = 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 - S \cdot \cos 45 = \left(S \cdot \sin 45 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,707 = S \cdot 0,314 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{26,32}{1,02} = 25,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.4.2 Verifica a ribaltamento caso 4

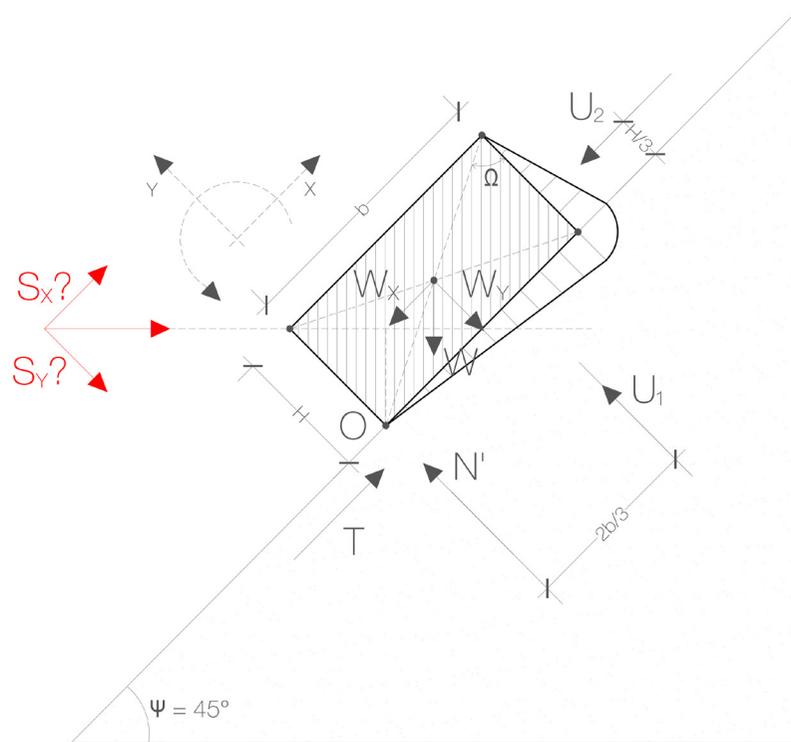


Figura 6.17 Blocco con applicazione di una spinta S orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistente e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{rib} \cdot F_s = M_{resist} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{resist}}{M_{rib}} \quad b_s = 0,707 \text{ m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,707 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45 \cdot 1 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45 \cdot 0,5 \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \text{ m} + 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,707 + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot 0,707 = 1,5 \cdot \left(17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{7,08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,707} = 10,02 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; risulta sufficiente l'utilizzo di n°1 trefolo con le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 248 \text{ kN} \quad f_{yk} = 218 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{25,80 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 18,43 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.4.3 Verifica a scivolamento caso 5

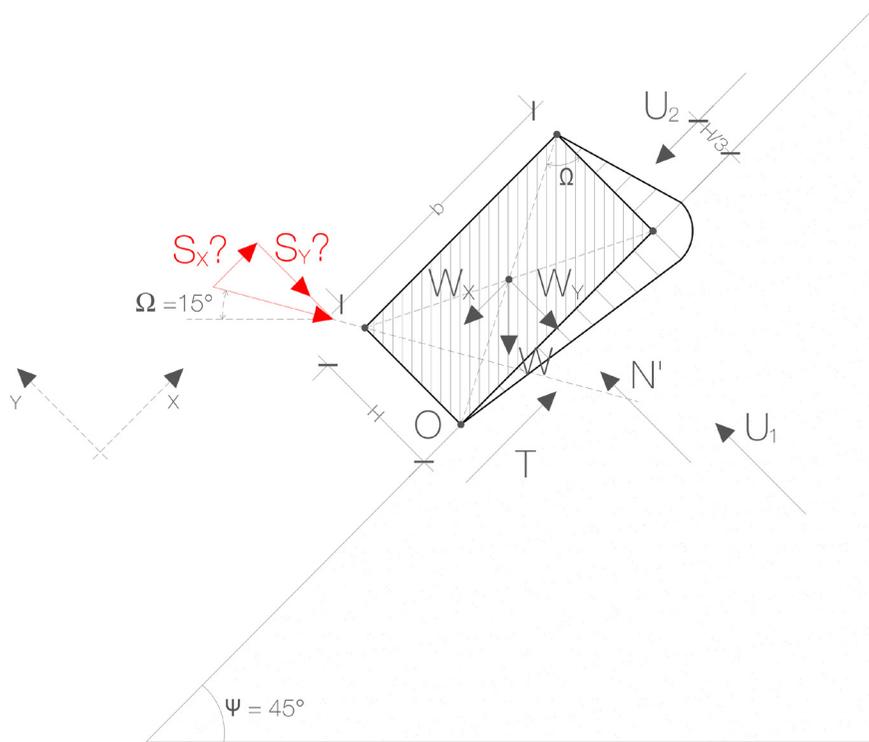


Figura 6.18 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale

Dati:

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 2 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita} = 1 \text{ m} \\ H = 1 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0 \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

Se considero di applicare una spinta S con inclinazione pari a 15° , il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45^\circ = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \cdot \cos 45^\circ = 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ - S \cdot \cos 60^\circ = \left(S \cdot \sin 60^\circ + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30^\circ}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,50 = S \cdot 0,385 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{26,32}{0,885} = 29,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.4.4 Verifica a ribaltamento caso 5

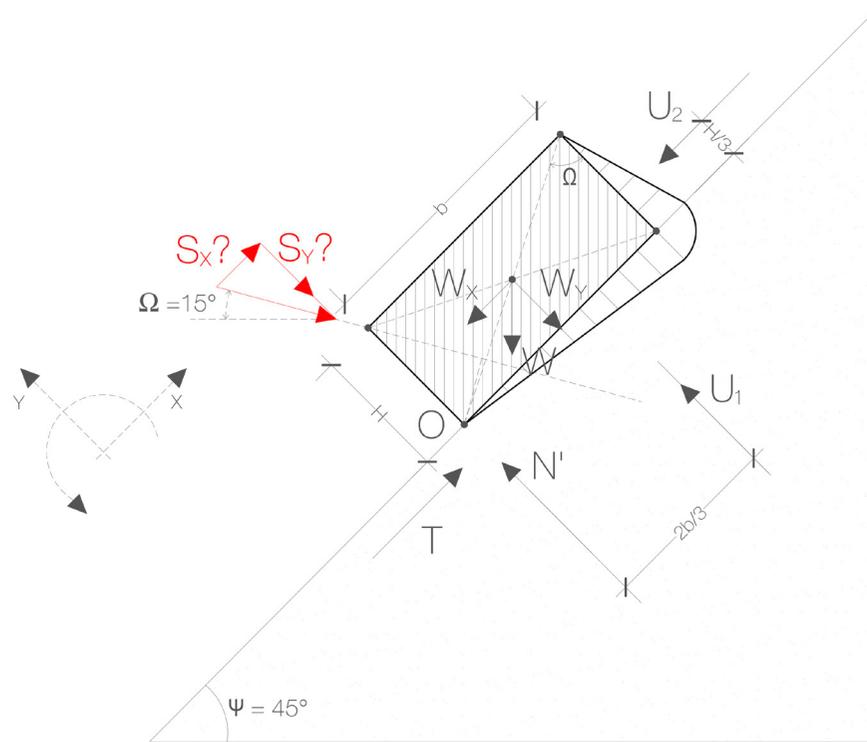


Figura 6.19 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 15° rispetto all'orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistente e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{rib} \cdot F_s = M_{resist} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{resist}}{M_{rib}} \quad b_s = 0,50 \text{ m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,50 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ \cdot 1 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ \cdot 0,5 \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \text{ m} + 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,50 + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot 0,50 = 1,5 \cdot \left(17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{7,08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,707} = 14,17 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; risulta sufficiente l'utilizzo di n°1 trefolo con le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 248 \text{ kN} \quad f_{yk} = 218 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{29,74 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 21,25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.4.5 Verifica a scivolamento caso 6

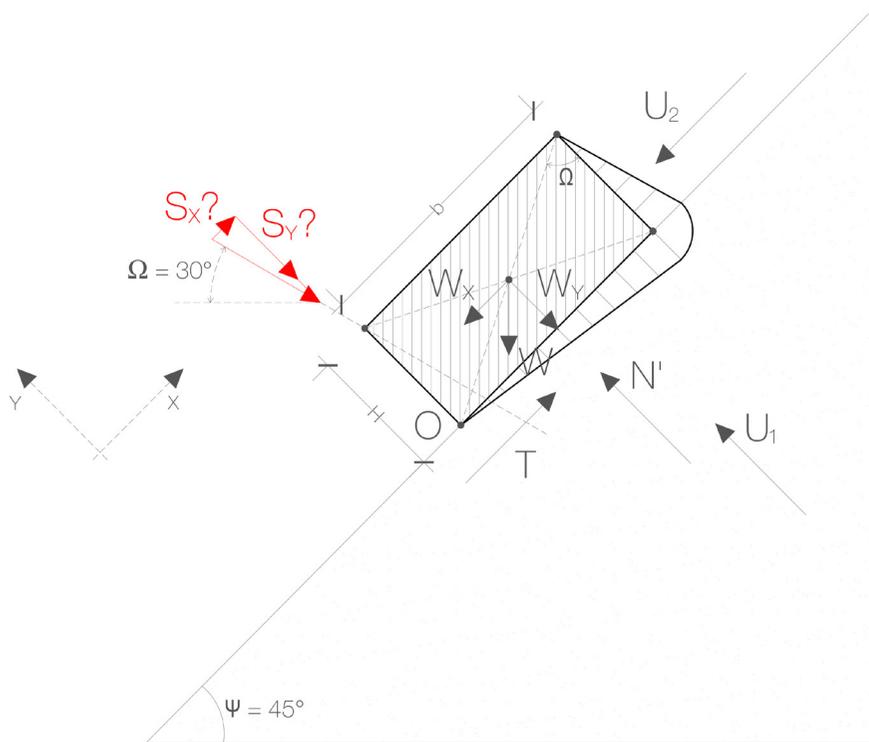


Figura 6.20 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale

Dati:

$$\gamma = 15 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad \gamma_w = 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \quad b = 2 \text{ m} \quad \phi = 30^\circ \quad \text{profondita}' = 1 \text{ m} \quad \rho = 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}$$

$$H = 1 \text{ m} \quad \psi = 45^\circ \quad c = 0$$

Se considero di applicare una spinta S con inclinazione pari a 30° , il peso per metro del blocco considerato si può calcolare tramite la seguente espressione:

$$W = b \cdot H \cdot \rho \quad W = 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Le sottospinte dell'acqua U_1 e U_2 , sono esprimibili secondo le seguenti formule:

$$U_1 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H \cdot b \cdot \cos \psi \quad U_1 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 2 \text{ m} \cdot 1 \text{ m} \cdot \cos 45^\circ = 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$U_2 = \frac{1}{2} \cdot \gamma_w \cdot H^2 \cdot \cos \psi \quad U_2 = \frac{1}{2} \cdot 10 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1^2 \cdot \cos 45^\circ = 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Per la verifica allo scivolamento, considero la sommatoria delle forze ponendo T come frazione del T_L tramite il coefficiente di sicurezza F_s :

$$T = \frac{T_L}{F_s}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{T_L}{F_s}$$

$$\frac{T_L}{F_s} = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$T = U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = \frac{N' \cdot \tan \phi}{1,3}$$

$$N' = S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1$$

$$U_2 + W \cdot \sin \psi - S \cdot \cos \psi = (S \cdot \sin \psi + W \cdot \cos \psi - U_1) \cdot \frac{\tan \phi}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ - S \cdot \cos 75^\circ = \left(S \cdot \sin 75^\circ + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ - 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) \cdot \frac{\tan 30^\circ}{1,3}$$

$$3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - S \cdot 0,2588 = S \cdot 0,429 + 15,70 \frac{\text{kN}}{\text{m}} - 3,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{26,32}{0,69} = 38,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

6.4.6 Verifica a ribaltamento caso 6

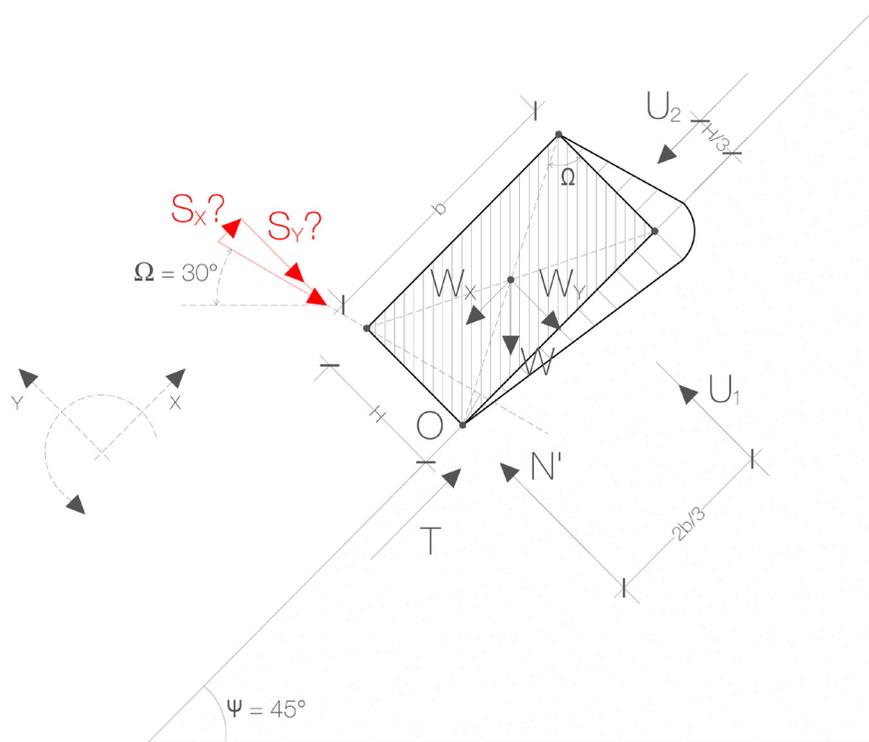


Figura 6.21 Blocco con applicazione di una spinta S inclinata di 30° rispetto all'orizzontale

Per la verifica al ribaltamento, i momenti resistente e ribaltante (composti rispettivamente dalle forze a favore e sfavore di stabilità) sono ottenuti facendo riferimento al punto di rotazione O , moltiplicando ciascuna forza per il rispettivo braccio, il rapporto viene poi eguagliato al coefficiente di sicurezza F_s :

$$M_{\text{rib}} \cdot F_s = M_{\text{resist}} \quad F_s = 1,5 = \frac{M_{\text{resist}}}{M_{\text{rib}}} \quad b_s = 0,259\text{m}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot b_s + W \cdot \cos \psi \cdot \frac{b}{2}}{W \cdot \sin \psi \cdot \frac{H}{2} + U_1 \cdot \frac{2}{3} \cdot b + U_2 \cdot \frac{H}{3}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,259 + 50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \cos 45^\circ \cdot 1 \text{ m}}{50 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \sin 45^\circ \cdot 0,5 \text{ m} + 7,07 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{2}{3} \cdot 2 \text{ m} + 3,53 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{1}{3} \cdot 1 \text{ m}}$$

$$1,5 = \frac{S \cdot 0,259 + 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}$$

$$S \cdot 0,259 = 1,5 \cdot \left(17,68 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 1,18 \frac{\text{kN}}{\text{m}} + 9,43 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \right) - 35,35 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$S = \frac{7,08 \frac{\text{kN}}{\text{m}}}{0,259} = 27,36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

La spinta S più sfavorevole, ossia la maggiore, tra le due risultanti dalle verifiche precedenti, allo scivolamento e al ribaltamento, viene utilizzata per la scelta del sistema di tiranti con trefoli più idoneo; risulta sufficiente l'utilizzo di n°1 trefolo con le seguenti caratteristiche:

$$f_r = 248 \text{ kN} \quad f_{yk} = 218 \text{ kN} \quad S_{\text{trefolo}} = 140 \text{ mm}^2 \quad P = 1,09 \frac{\text{kg}}{\text{m}}$$

Si calcola infine la tensione nel trefolo, imponendo un'interasse tra i tiranti pari a 1 m :

$$\sigma_{\text{trefolo}} = \frac{T \cdot l}{S_{\text{trefolo}}} = \frac{38,14 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot 1 \text{ m}}{1,4 \text{ cm}^2} = 27,25 \frac{\text{kN}}{\text{cm}^2}$$

6.5 Il tirante a trefoli

6.5.1 Introduzione

"Per **tiranti di ancoraggio** si intendono elementi strutturali connessi al terreno o alla roccia, che in esercizio sono sollecitati a trazione. Le forze di trazione sono quindi applicate sulla struttura da tenere ancorata mediante una piastra di ripartizione, in relazione al tipo di sollecitazione, i tiranti vengono distinti in:

- tiranti passivi, nei quali la sollecitazione di trazione nasce quale reazione a seguito di una deformazione dell'opera ancorata;
 - tiranti attivi, nei quali la sollecitazione di trazione è impressa in tutto o in parte all'atto del collegamento con l'opera ancorata. In relazione alla durata di esercizio, i tiranti vengono distinti in:
 - tiranti provvisori, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo limitato e definito a priori;
 - tiranti permanenti, la cui funzione deve essere espletata per un periodo di tempo commisurato alla vita utile dell'opera ancorata.
- Di norma l'armatura dei tiranti di ancoraggio è costituita da un fascio di trefoli in acciaio, tipo c.a.p., solidarizzati al terreno mediante iniezioni cementizie selettive.

Poiché la corretta scelta della tipologia, delle dimensioni degli ancoraggi e delle relative procedure di esecuzione è basilare per la corretta realizzazione degli stessi, si dovranno valutare gli elementi di conoscenza delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche dei terreni, dei caratteri geomorfologici e strutturali degli ammassi rocciosi, e dell'influenza della falda. Ove ne ricorra il caso si richiederanno prove preliminari, eventualmente accompagnate da prove di tensionamento a supporto della progettazione.

In ambiente aggressivo l'idoneità del cemento viene definita da prove preliminari svolte in laboratorio. Le barre saranno in acciaio del tipo ad aderenza migliorata, di qualità e caratteristiche conformi.

Si adotteranno piastre di ripartizione le cui dimensioni dovranno essere scelte in relazione alle caratteristiche geometriche e di portata dei tiranti ed alle caratteristiche di resistenza e deformabilità del materiale di contrasto. Il cemento impiegato deve essere scelto in relazione alle caratteristiche ambientali considerando, in particolare, l'aggressività da parte dell'ambiente esterno.

6.5.2 Dispositivi di protezione

La guaina è un elemento costitutivo dei tiranti atto a proteggere l'armatura dalla corrosione, in corrispondenza del tratto libero. Nei tiranti a trefoli, ogni trefolo deve essere singolarmente inguainato. Di norma vengono applicati tubetti corrugati in pvc, polietilene o polipropilene, di diametro interno congruente con il diametro dei trefoli o delle barre. L'intercapedine tra la guaina e l'armatura dovrà essere perfettamente riempita con grasso meccanico chimicamente stabile.

Forma e numero dei centratori devono essere tali da consentire il centraggio dell'armatura nel foro di alloggiamento e nello stesso tempo non devono ostacolare il passaggio della miscela. Per i tiranti aventi l'armatura costituita da un fascio di trefoli, questi dovranno essere simmetricamente disposti intorno al tubo centrale di iniezione e, in corrispondenza del tratto di fondazione,

regolarmente intervallati con fascette di restringimento, permetteranno al gruppo di trefoli di assumere un andamento sinusoidale a ventre e nodi che incrementa l'ancoraggio passivo dell'armatura ai bulbi.

Nella parte libera il posizionamento dei trefoli, parallelo al tubo di iniezione, sarà garantito da dispositivi direzionali; una guaina flessibile in pvc proteggerà e avvolgerà il tutto, permettendo nel contempo la massima libertà di allungamento ai trefoli stessi.

Nei tiranti a trefoli, un tubo di iniezione in pvc sarà posto in asse al tirante per tutta la sua lunghezza e sarà munito di valvole disposte ad intervalli regolari in corrispondenza della parte cementata e di un tratto iniziale della parte libera.

Queste valvole assicureranno la diffusione della miscela di iniezione preferenzialmente secondo le generatrici del tirante favorendo una migliore aderenza delle armature del bulbo.

6.5.3 Modalità di esecuzione

La perforazione sarà eseguita mediante sonda a rotazione o roto-percussione, con rivestimento continuo e circolazione di fluidi. Per la circolazione del fluido di perforazione saranno utilizzate pompe a pistoni con portate e pressioni adeguate. Si richiedono valori minimi di 200 l/min e 25 bar, rispettivamente. Nel caso di perforazione a roto-percussione con martello a fondo foro si utilizzeranno dei compressori; ultimata la perforazione si provvederà a rimuovere i detriti nel foro, o in sospensione nel fluido di perforazione.

Ultimata la rimozione dei detriti si provvederà ad effettuare le operazioni che seguono:

- riempimento del foro con miscela cementizia (cementazione di 1° fase);
- introduzione del tirante;
- riempimento dei dispositivi di separazione e protezione interni (sacco otturatore, bulbo interno);
- esecuzione delle iniezioni selettive a pressioni e volume controllati;
- posizionamento della testata e dei dispositivi di tensionamento;
- prove di carico di collaudo;
- tensionamento del tirante;
- iniezione della parte libera a protezione della testata.

L'introduzione del tirante prima del riempimento di 1° fase potrà essere eseguita allorché:

- la perforazione sia interamente rivestita;
- il tirante sia dotato della valvola di fondo esterna all'ogiva;
- il riempimento avvenga contemporaneamente all'estrazione dei rivestimenti e siano operati gli eventuali rabbocchi finali:
- i trefoli ed i condotti di iniezione siano opportunamente prolungati fino a fuoriuscire a bocca foro per un tratto adeguato a consentire le successive operazioni di iniezione e di tesatura;
- il sacco otturatore, nel caso di tiranti orizzontali o debolmente inclinati, sia presente.

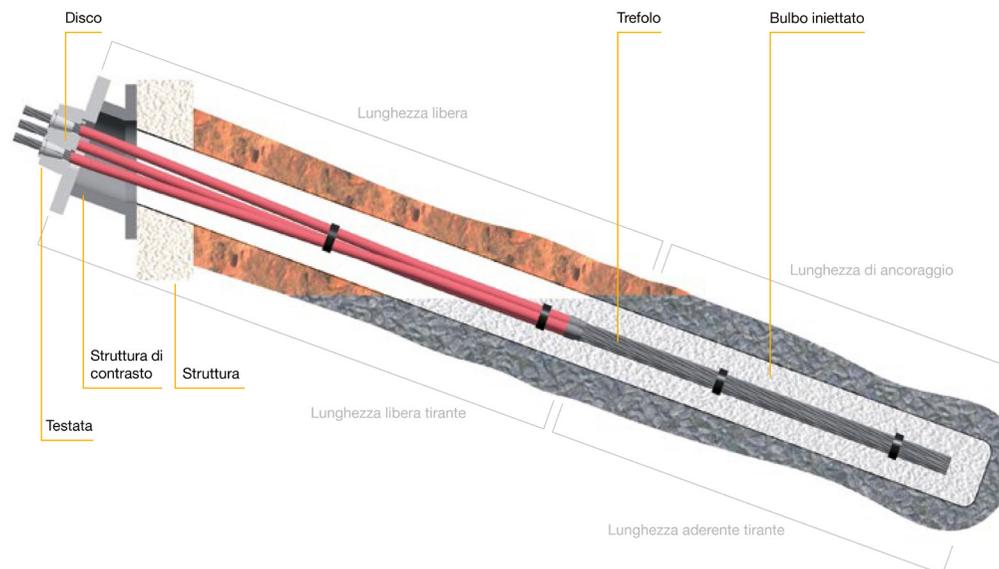
La solidarizzazione dell'armatura al terreno verrà eseguita in due o più fasi, come di seguito specificato e sarà eseguita all'atto del completamento della perforazione. In questa fase si eseguiranno anche le operazioni di riempimento del sacco otturatore, ove

presente, e del bulbo interno per i tiranti definitivi, utilizzando quantitativi di miscela corrispondenti ai volumi teorici degli stessi. Completata l'iniezione di 1° fase si provvederà a lavare con acqua il cavo interno del bulbo di iniezione.

Trascorso un periodo di 12 ÷ 24 ore dalla formazione della guaina, si darà luogo alla esecuzione delle iniezioni selettive per la formazione del bulbo di ancoraggio. Si procede valvola per valvola, a partire dal fondo, tramite un packer a doppia tenuta collegato al circuito di iniezione. La massima pressione di apertura delle valvole non dovrà superare il limite di 60 bar; in caso contrario la valvola potrà essere abbandonata. Ottenuta l'apertura della valvola si darà luogo all'iniezione in pressione fino ad ottenere i valori dei volumi di assorbimento e di pressione desiderati.

L'iniezione dovrà essere eseguita utilizzando portate non superiori a 30 l/min, e comunque con valori che, in relazione alla effettiva pressione di impiego, siano tali da evitare fenomeni di fratturazione idraulica del terreno. I valori di iniezione saranno di norma non inferiori a tre volte il volume teorico del foro, e comunque conformi alle prescrizioni di progetto. Nel caso in cui l'iniezione del previsto volume non comporti il raggiungimento della prescritta pressione di rifiuto, la valvola sarà nuovamente iniettata; per eseguire l'iniezione dovranno essere utilizzate delle pompe di tipo oleodinamico a pistoni, a bassa velocità con caratteristiche conformi.¹

¹ http://www.viscontifondazioni.it/fondazioni_profonde/approfondimento_tiranti.html



Campi d'impiego

- Scavi (a deformazioni controllate)
- Tiranti di banchina
- Controllo della sottospinta
- Stabilizzazione della struttura
- Stabilizzazione della parete rocciosa

Caratteristiche chiave

- Ampio grado di flessibilità: Forza, lunghezza, trasporto, installazione
- Lunghezza praticamente illimitata - 150m
- Ingombro ridotto per il trasporto
- Installazione in spazi limitati
- Ritaratura o rilascio possibili con dischi filettati esteriormente
- Tiranti permanenti disponibili in molte varianti (standard, El-Iso, TWIN-Corr)

Figura 6.22 Tirante con trefoli applicato al versante

Acciaio da precompressione DYWIDAG, trefolo 140mm² Ø 15.3mm (0.6")

Numero	Sezione trasversale A [mm ²]	Peso [kg/m]	Y1770 Standard			Y1860 High Grade		
			Snervamento F _{p0,1k} [kN]	Ultimo F _{pk} [kN]	Omolog.	Snervamento F _{p0,1k} [kN]	Ultimo F _{pk} [kN]	Omolog.
1	140	1.09	218	248	○	230	260	△
2	280	2.19	437	496	○	459	521	△
3	420	3.28	655	743	○	689	781	△
4	560	4.37	874	991	○	918	1,042	△
5	700	5.47	1,092	1,239	○	1,148	1,302	△
6	840	6.56	1,310	1,487	○	1,378	1,562	△
7	980	7.65	1,529	1,735	○	1,607	1,823	△
8	1,120	8.74	1,747	1,982	○	1,837	2,083	△
9	1,260	9.84	1,966	2,230	○	2,066	2,344	△
10	1,400	10.93	2,184	2,478	○	2,296	2,604	△
11	1,540	12.02	2,402	2,726	○	2,526	2,864	△
12	1,680	13.12	2,621	2,974	○	2,755	3,125	△
13	1,820	14.21	2,839	3,221	○	2,985	3,385	△
14	1,960	15.30	3,058	3,469	○	3,214	3,646	△
15	2,100	16.40	3,276	3,717	○	3,444	3,906	△
16	2,240	17.49	3,494	3,965	○	3,674	4,166	△
17	2,380	18.58	3,713	4,213	○	3,903	4,427	△
18	2,520	19.67	3,931	4,460	○	4,133	4,687	△
19	2,660	20.77	4,150	4,708	○	4,362	4,948	△
20	2,800	21.86	4,368	4,956	○	4,592	5,208	△
21	2,940	22.95	4,586	5,204	○	4,822	5,468	△

Tabella 6.2 Dati tecnici del trefolo scelto

6.5.4 Conclusioni

Concludendo, i modelli di studio di cui sopra, hanno permesso di rappresentare verosimilmente la situazione reale del pendio.

Seppur con le approssimazione del caso, i modelli hanno consentito di determinare, tra i vari casi svolti, l'inclinazione più efficace del tirante, che sarà applicato per esercitare l'ancoraggio attivo dei blocchi che compongono il pendio e scongiurare qualsiasi fenomeno di instabilità da scivolamento o da ribaltamento degli stessi.

Questo risultato, ai fini della scelta del tirante da applicare al versante, si traduce nella selezione della spinta S , più favorevole quindi con il minor valore, tra tutte quelle calcolate nei vari casi riassunti sotto:

CASO 1

$$- S_{sciv1} = 36,18 \text{ kN/m}, S_{rib1} = 79,97 \text{ kN/m};$$

CASO 2

$$- S_{sciv2} = 41,74 \text{ kN/m}, S_{rib2} = 113,11 \text{ kN/m};$$

CASO 3

$$- S_{sciv3} = 53,69 \text{ kN/m}, S_{rib3} = 218,36 \text{ kN/m};$$

CASO 4

$$- S_{sciv4} = 25,80 \text{ kN/m}, S_{rib4} = 10,02 \text{ kN/m};$$

CASO 5

$$- S_{sciv5} = 29,74 \text{ kN/m}, S_{rib5} = 14,17 \text{ kN/m};$$

CASO 6

$$- S_{sciv6} = 38,14 \text{ kN/m}, S_{rib6} = 27,36 \text{ kN/m}.$$

Il caso 1 è l'ottimizzazione del blocco con dimensioni $b = 1 \text{ m}$, $H = 2 \text{ m}$, $p = 1 \text{ m}$ e il caso 4 è l'ottimizzazione del blocco con dimensioni $b = 2 \text{ m}$, $H = 1 \text{ m}$ e $p = 1 \text{ m}$.



PROGETTO ERGOTECNICO

7. Progetto ergotecnico

L'autocostruzione come strumento di inclusione sociale

7.1 Introduzione

La progettazione ergotecnica è il fulcro di tutto il processo costruttivo e il punto in cui tutte le scelte progettuali vengono messe insieme. La progettazione non può prescindere dalla parte ergotecnica che individua la fattibilità delle considerazioni svolte, orientando la progettazione alla soddisfazione delle attese di qualità e ottimizzazione delle risorse, attraverso la scelta sapiente dei metodi costruttivi.

Queste considerazioni che portano alla cantierizzazione del progetto, devono risolvere le criticità che sono peculiari del sito di progetto in cui ci troviamo; la favela presenta molto spesso strette stradine percorribili quasi esclusivamente a piedi, prive di accessi diretti tramite strade carrabili, che seguono l'andamento irregolare e scosceso del terreno su cui sorge la favela.

Alla progettazione operativa spetta il compito di fondere la fase strettamente progettuale con la fase esecutiva del futuro organismo edilizio, essa indirizza, guida e controlla verso il luogo in cui tutto si materializza, il cantiere.

Essendo l'area di intervento posta a cintura tra Estrada da Gavea e Rua Dioneia, che sono le uniche vie carrabili utilizzabili per le operazioni di costruzione, la movimentazione dovrà transitare su di esse.

L'intervento di progetto, vuole porsi come un'iniziativa vicina alla comunità, con la volontà di includere socialmente la popolazione mediante una partecipazione diretta ad alcune fasi realizzative dell'intervento educando al rispetto di ciò che è di tutti; tale approccio tende a ridurre la fragilità e lo scetticismo che il nuovo intervento può suscitare per la comunità instaurando un legame più forte che salvaguarda, protegge e conserva nel tempo.

L'autocostruzione non è prevista per tutte le lavorazioni che interessano l'opera, bensì per quelle lavorazioni che possono essere svolte in sicurezza da manodopera non molto specializzata, possibilmente residente all'interno della favela stessa, ciò amplia la probabile risposta sociale della popolazione della favela, riducendo la disoccupazione e favorendo l'allontanamento dei soggetti di giovane età senza lavoro, dalla malavita.

Le attività che riguardano il coinvolgimento della popolazione e che possono essere svolte in autocostruzione sono:

- montaggio dei blocchi riciclati "Replast" per i tamponamenti;
- applicazione sulle superfici murarie del rivestimento di intonaco;
- montaggio dei blocchi in laterizio forato.

Le associazioni presenti all'interno della favela, come quella de "Il sorriso dei miei bimbi", svolgeranno un ruolo nevralgico nel coinvolgere i giovani che mostrano interesse verso questa iniziativa; tale ruolo prevede la scelta dei profili che credono in quest'iniziativa partecipata e che risultano fisicamente idonei; i candidati selezionati dei corsi di formazione mirati alla specifica mansione da svolgere all'interno del cantiere.

Trattandosi di personale con limitata o in alcuni casi nulla esperienza nel campo d'impiego, vengono opportunamente realizzate, per ciascuna mansione prevista, delle schede formative di riferimento; tali elaborati contengono una spiegazione dettagliata, per mansione, delle lavorazioni riguardanti ciascun operatore, con la presenza di immagini illustrative, ciò facilita l'apprendimento dei procedimenti operativi da compiere, nel rispetto dei criteri di sicurezza come previsto dalla normativa D.lgs. n°.81-2008 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro.

Le specializzazioni che potranno essere acquisite getteranno le basi per la rinascita economica e culturale della favela, e si potranno tramandare alle generazioni future, consentendo di migliorare sensibilmente le condizioni di vita della popolazione.

Le lavorazioni più complesse che riguardano la realizzazione dei piani di posa degli edifici, plinti di fondazione, muri controterra, travi, pilastri, solai, oscuramenti, montaggio di porte e infissi, ed altre lavorazioni per le quali saranno richieste competenze altamente specialistiche verranno svolte da imprese specializzate con personale proprio.

La mancanza di attenzione e l'assenza di un sistema efficiente di raccolta differenziata dei rifiuti, oltre all'impossibilità di estendere il servizio pubblico di raccolta alle stradine più strette e congestionate che risultano non carrabili, provocano, soprattutto quando piove, lo sversamento dei rifiuti, in gran parte di composizione plastica, all'interno dei canali delle fognature a cielo aperto che, ostruendosi, esondano riversando il contenuto all'interno delle abitazioni e creando un enorme problema igienico-sanitario.

L'applicazione di specifici blocchi compatti in plastica riciclata, opportunamente compatte da uno specifico macchinario, applicati ai muri di tamponamento degli edifici di progetto, e chiamati "Replast" dalla società By-fusion che li ha brevettati, è finalizzata al riuso del materiale plastico con conseguente decongestionamento della favela dai rifiuti.

7.2 Analisi dei vincoli di cantiere

7.2.1 Interazione tra cantiere e contesto ambientale

L'interazione tra cantiere e contesto ambientale di intervento si riferisce sostanzialmente all'impatto del cantiere sul sito di intervento, analizza le potenziali conseguenze negative che il cantiere può arrecare alla popolazione circostante e all'ambiente in termini di emissioni, interferenze con eventuale modifica della viabilità urbana, rischi per la popolazione circostante a causa della mobilità dei mezzi di cantiere o di eventuali mezzi di movimentazione aerea.

Lo studio del sito nel quale andrà ad inserirsi il cantiere, dovrà mirare al raggiungimento di un equilibrio sostenibile, ogni interferenza dovrà essere eliminata o ridotta efficacemente adottando le migliori soluzioni tecnico-organizzative necessarie.

L'analisi predetta, effettuata sul sito di cantiere e sulle strette vicinanze prevede la definizione dei seguenti punti:

- vincoli di accessibilità e approvvigionamenti;
- vincoli aerei e di sottosuolo;
- caratteristiche del terreno;
- vincoli di superficie e preesistenze.

7.2.2 Vincoli di accessibilità e approvvigionamento

L'area di cantiere è situata all'interno della favela di Rocinha, subito al di sotto di Estrada da Gavea e al di sopra di Rua Dioneia, in prossimità della scuola elementare "Francisco de Paula Brito", è possibile raggiungere le aree di cantiere con mezzi pesanti per l'edifi-

cio 3 da Estrada da Gavea e per l'edificio 2, si può percorrere Rua Dioneia.

Spesso nei cantieri di Rocinha non vengono rispettati gli standards di sicurezza e per la costruzione delle abitazioni, i proprietari provvedono al montaggio degli apprestamenti di cantiere in maniera autonoma e perciò molto sommaria, dotandosi spesso soltanto di una piccola betoniera a bicchiere e di qualche altra piccola attrezzatura necessari a svolgere le lavorazioni in economia; visualizzando l'urbanistica della favela, con le sue stradine, strette a volte anche soli 80 cm, si capisce bene come a tali scelte, non vi siano alternative percorribili.

Per quanto concerne la posa in opera dei **blocchi riciclati "Replast"**, essi vengono trasportati all'interno di un autoarticolato, in un container scarrabile su ruote delle dimensioni di 12 m, apribile su tutti i lati, per lo stazionamento del mezzo, viste le rilevanti dimensioni, si è scelta una piazzola, prossima all'edificio 3, denominata zona A; da qui, si ha l'approvvigionamento alla zona B, tramite l'uso di un autocarro con cassone aperto, che parte dalla zona di produzione dei blocchi; da quest'ultima zona, si procede con la movimentazione manuale, tramite traspallet manuale fruendo di un sistema di montacarichi che permette di raggiungere le 4 zone di stoccaggio relative all'edificio 3.

Ultimate le lavorazioni relative all'edificio 3, si procede, tramite autocarro cassonato, all'approvvigionamento dei blocchi dalla piazzola

A alla zona C, situata in prossimità di Rua Dioneia, da qui la movimentazione procede manualmente tramite traspallet manuale fino al raggiungimento delle zone di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2 (vedi Figura 31.1).

Per il trasporto eccezionale della macchina che produce i blocchi, effettuato lungo il percorso 1, verranno considerate le fasce orarie di minor traffico preferibilmente di notte, prestando attenzione alle operazioni di manovra che devono essere effettuate a velocità moderata. I trasporti dei materiali, effettuati con autocarro cassonato, non rientrano nella fascia dei trasporti eccezionali, ciò consente di effettuare le operazioni senza particolari interventi sul traffico, con consegna del materiale che può essere effettuata di giorno.



Figura 7.1 Schema di approvvigionamento dei blocchi Replast al cantiere

cio 3 da Estrada da Gavea e per l'edificio 2, si può percorrere Rua Dioneia.

Spesso nei cantieri di Rocinha non vengono rispettati gli standards di sicurezza e per la costruzione delle abitazioni, i proprietari provvedono al montaggio degli apprestamenti di cantiere in maniera autonoma e perciò molto sommaria, dotandosi spesso soltanto di una piccola betoniera a bicchiere e di qualche altra piccola attrezzatura necessari a svolgere le lavorazioni in economia; visualizzando l'urbanistica della favela, con le sue stradine, strette a volte anche soli 80 cm, si capisce bene come a tali scelte, non vi siano alternative percorribili.

La fornitura delle due tipologie di **blocchi forati** utilizzati per i tamponamenti interni (12x18x33) e per i paramenti murari faccia-vista (18x18x33) viene effettuata tramite idoneo autocarro con cassone fisso; i blocchi verranno approvvigionati, dopo aver completato le chiusure perimetrali con blocchi "Replast".

Relativamente all'edificio 3, prossimo a Rua Gavea, l'autocarro compie il percorso 1 utilizzando come area di stazionamento la zona B, da quest'area si procede, con le modalità di movimentazione manuale predette, al trasporto dei materiali verso le 4 zone di stoccaggio di pertinenza.

Per l'edificio 2, posto in prossimità di Rua Dioneia, l'autocarro compie il percorso 2, che consente l'avvicinamento all'area di progetto

da Rua Gavea inferiore, fiancheggiando la scuola "Francisco de Paula Brito", con stazionamento in zona C, da quest'area si procede alla movimentazione manuale dei materiali verso le zone di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2 (vedi Figura 31.2).

Completata la fase di posa in opera dei blocchi "Replast", dei tamponamenti interni (12x18x33) e dei paramenti murari facciavista (18x18x33) in laterizio forato, si procede al ricoprimento delle superfici murarie realizzate utilizzando un intonaco cementizio; il trasporto della polvere di **intonaco** in sacchi, della rete porta intonaco e della rete di rinforzo in rotoli, viene effettuato con le stesse modalità di cui al punto precedente (vedi Figura 31.2).



Figura 7.2 Schema di approvvigionamento dei blocchi forati e dell'intonaco al cantiere

Al fine di evitare blocchi nella viabilità della favela, si dovranno adottare adeguate precauzioni, soprattutto nelle fasi di manovra e stazionamento dei mezzi di cantiere nelle aree oggetto di intervento e di accesso al cantiere; saranno inoltre da valutare preventivamente con precisione, le larghezze e i raggi di curvatura di ogni tratto di strada che conduce all'area di cantiere in modo tale da identificare eventuali problematiche di passaggio dei mezzi.

7.2.3 Vincoli aerei e di sottosuolo

L'analisi dell'area di progetto indica la presenza dei sottoservizi impiantistici dell'acquedotto che sono adiacenti all'area di cantiere, queste reti rappresentano un vincolo di sottosuolo, ma anche un'opportunità che consente di operare gli allacci delle nuove costruzioni in modo facilitato e con costi di scavo ridotti.

Non si pongono particolari problematiche in termini di vincoli aerei perchè non si farà uso di sistemi di movimentazione aerea dei carichi i cui ingombri e costi non sono compatibili con le caratteristiche del sito.

7.2.4 Vincoli di superficie e preesistenze

Si possono considerare vincoli inamovibili tutti quegli elementi perimetrali esistenti posti

a confine o all'interno dell'area di intervento, nonchè eventuali tracciati impiantistici a servizio del contesto edilizio e urbano limitrofo. Tra i vincoli di superficie più importanti vi è la presenza di un edificio abbandonato situato all'interno dell'area di progetto attorno al quale vi è la massiva presenza di alberature; l'edificio abbandonato verrà demolito e le alberature estirpate e spostate sul lato sinistro del nuovo sistema di scale, al fine di preservarne l'importante contributo ambientale per la comunità.

7.2.5 Caratteristiche del terreno

Il cantiere è posto nella favela di Rocinha, non in zona pianeggiante ma sul declivio di una montagna, questa configurazione particolare impone la realizzazione di scavi di sbancamento per la realizzazione dei piani di posa dei futuri edifici in progetto.

La conoscenza delle caratteristiche granulometriche e compositive del terreno del sito, risulta dirimente ai fini della corretta progettazione delle opere; pare importante uno studio geologico con le seguenti finalità :

- definizione della situazione geologica, morfologica e idrogeologica insistente sull'area;
- valutazione dei vincoli di carattere geologico insistenti sull'area in oggetto;
- valutare le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dagli sbancamenti in progetto, al fine di valutarne la compatibilità con gli scavi da operare e l'eventuale possi-

bilità di riutilizzo del materiale.

Le analisi di cui sopra si configurano come strumenti basilari per una corretta gestione dei processi e delle risorse naturali e dell'ambiente. L'osservazione del terreno in sito, come già definito in precedenza, ha permesso di rilevare una ben definita e omogenea granulometria, il terreno infatti, come detto, risulta di matrice affiorante prevalentemente rocciosa e quasi impermeabile, con terra bruna superficiale alternata a colate di cemento superficiale; il terreno osservato risulta perciò compatibile con gli interventi di progetto.

L'analisi dei vincoli ha individuato le criticità e le opportunità che il contesto di collocazione del cantiere presenta.

La limitata accessibilità e viabilità unite alla incerta disponibilità di energia elettrica per il cantiere, restringono il campo di scelta delle macchine utilizzabili per il cantiere.

L'area di intervento delimitata superiormente da Estrada da Gavea, ed inferiormente da Rua Dioneia, che sono abbastanza larghe da garantire il passaggio di quasi tutti i mezzi, facilita l'accessibilità all'area, dall'esterno, ma una volta entrati nel perimetro di essa, la mancanza di adeguato spazio a disposizione unito alla forte pendenza del terreno, complicano la logistica interna e minacciano la corretta esecuzione delle lavorazioni da parte delle maestranze, per tali ragioni viene destinata particolare attenzione alla formazione degli operatori al fine di garantire lo svolgimento delle attività in sicurezza ed efficienza.

7.3 Strategie operative d'intervento

7.3.1 Mezzi e macchine da cantiere

Le strategie d'intervento fanno riferimento alle scelte progettuali, tecnologiche, mezzi, macchine da lavoro, opere provvisorie adeguati al perseguimento dei criteri di cantierizzazione ottimale del progetto.

In questo paragrafo si individuano i mezzi di trasporto e le macchine da lavoro utilizzate e si descrivono le caratteristiche tecniche degli stessi, le scelte effettuate si basano sui vincoli di accessibilità e viabilità individuati nei punti precedenti.

Per quanto riguarda le lavorazioni da fare in autocostruzione si possono suddividere le macchine in tre gruppi, in base alla funzione che viene svolta:

- produzione dei blocchi riciclati "Replast";
- trasporto e posizionamento della macchina che produce i blocchi "Replast";
- approvvigionamento materiali al cantiere;
- movimentazione dei materiali in cantiere;
- produzione materiali per l'edilizia in cantiere.

7.3.1.1 Macchina per la produzione dei blocchi riciclati Replast

La produzione dei blocchi di plastica riciclata "Replast" avviene in prossimità dell'area di intervento, tramite l'utilizzo di un'apposita macchina compattatrice (vedi Figura 31.3). La macchina compatta 7 diverse tipologie di rifiuti plastici, praticamente tutte quelle comunemente utilizzate nella vita quotidiana. La compattazione dei rifiuti inseriti produce dei blocchi delle dimensioni (0,25x0,30x0,30)cm

utilizzabili come elementi di chiusura perimetrale; l'uso di questo blocco genera ricadute positive per la comunità sia in termini ambientali e di salubrità dell'aria, sia in termini ingegneristici poiché riducendo la presenza di rifiuti diminuisce la probabilità di ostruzione dei canali con conseguenti esondazioni.

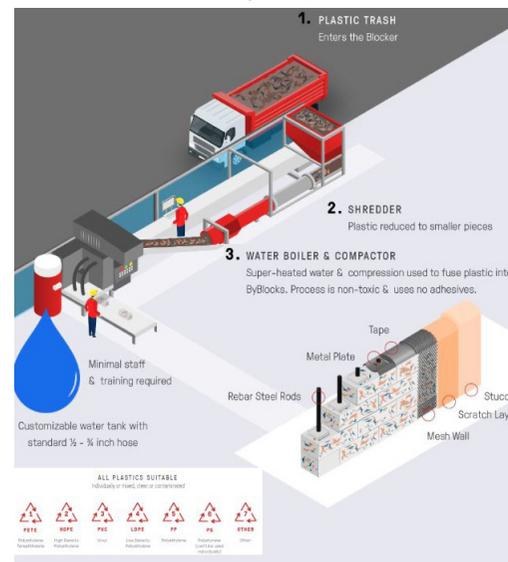


Figura 7.3 Schema di funzionamento della macchina di produzione dei blocchi Replast

Di seguito vengono mostrate le caratteristiche tecniche della macchina.

- dimensioni : 1 container dim. 40 ft;
- produttività : 3200-3500 Kg/giorno;
- output : 500 blocchi/giorno;
- numero di personale richiesto : 2 operatori;
- consumo di carburante : 11-19 l/giorno;
- superficie utile necessaria : 33 m²;
- tipi di plastica processata : 7
- diametro approvvig. idrico : 13-20 cm.

7.3.1.2 Trasporto della macchina che produce i blocchi Replast

Il trasporto in sito della macchina demandata alla produzione del blocco riciclato "Replast", viene condotto attraverso idoneo mezzo gommato autoarticolato, utilizzando Estrada da Gavea lungo il percorso 1, il tratto stradale deve essere percorso a velocità moderata monitorando gli avanzamenti del mezzo e regolando opportunamente la circolazione veicolare fino al raggiungimento della zona A, in prossimità della quale vengono svolte le manovre di distacco e posizionamento del container scarrabile su ruote, nella sua collocazione finale; l'operatività della macchina viene garantita rimuovendo le pareti metalliche laterali del container senza ulteriori difficoltà operazioni di movimentazione della macchina che può dare inizio alla produzione

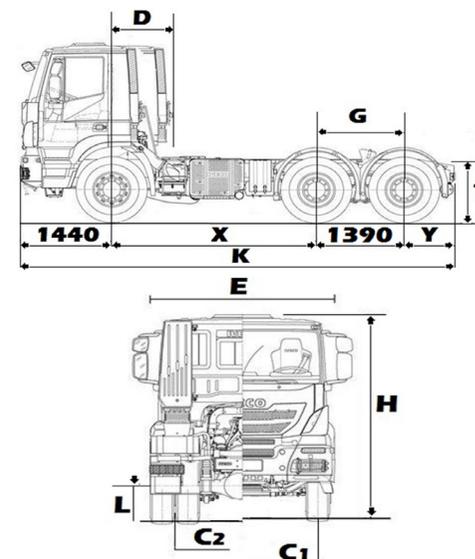


Figura 7.4 Trakker per il trasporto del container High cube

Di seguito vengono mostrate le caratteristiche tecniche del *trakker AD 720T45T W*.

- lunghezza massima : 7159 mm;
- altezza minima da terra : 311 mm;
- altezza max a vuoto : 3227 mm;
- altezza telaio a vuoto : 1228 mm;
- diametro minimo di volta : 1800 mm;
- massa ammissibile anteriore : 8000 Kg;
- massa ammissibile posteriore : 26000 Kg;
- massa rimorchiabile : 45350 Kg.
- passo : 3500 mm.

Di seguito vengono mostrate le caratteristiche tecniche del container High cube.

- lunghezza : 12 m;
- larghezza : 2,4 m;
- altezza : 2,4 m;
- capacità : 68 m³;
- peso : 20-28 tonnellate.

7.3.1.3 Approvvigionamento dei materiali all'area di cantiere

Le lavorazioni da svolgere durante la fase di autocostruzione dell'opera non necessitano di materiali di grandi dimensioni o particolarmente pesanti. Si sceglie di utilizzare mezzi di media dimensione con consumi ragionevoli e ingombri contenuti per facilitare i trasporti. Si utilizza un autocarro di tipo *Iveco Daily 33S12 3450* (vedi Figura 31.5) con le caratteristiche tecniche seguenti.

- altezza : 2190 mm;
- lunghezza : 5950 mm;
- larghezza : 2140 mm;
- serbatoio : 70 l;

- massa totale a terra : 3,3-7,2 ton;
- passo : 4100 mm.
- lunghezza max carrozzabile : 4495 mm;

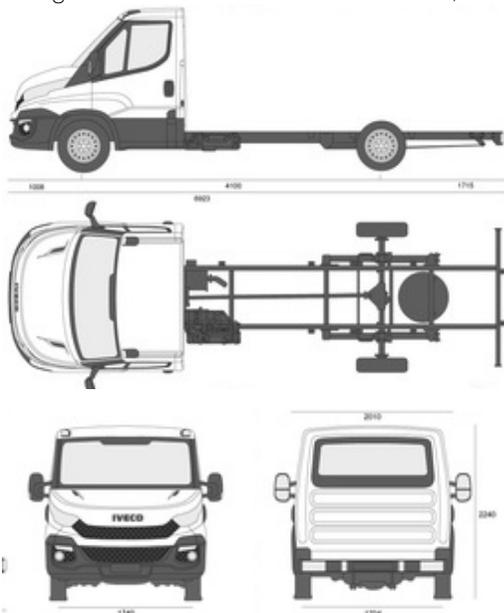


Figura 7.5 Autocarro utilizzato per il trasporto dei materiali

7.3.1.4 Mezzi per la movimentazione dei materiali in cantiere

Considerando lo specifico contesto della favela, l'utilizzo, per le attività da effettuare in autocostruzione, di manodopera scelta all'interno della comunità, tendenzialmente con poca esperienza, e la necessità di contenere i costi, non risulta preferibile fare ricorso alla meccanizzazione del cantiere; eccettuato che per le attività complesse che prevedono

gli scavi, la realizzazione dei plinti di fondazione, i muri controterra, pilastri, travi, solai e serramenti, considerata l'elevata pericolosità e specializzazione richiesta, le imprese specializzate faranno ricorso alla meccanizzazione, compatibilmente con i vincoli spaziali del sito.

La scelta delle giuste strumentazioni viene fatta dopo aver analizzato durate e costi delle lavorazioni cercando di ottimizzare le risorse a disposizione; nel seguito vengono descritte le strumentazioni adottate per la movimentazione dei materiali da effettuare all'interno del perimetro del cantiere, considerando principalmente i vincoli di spazio, i costi e le asperità del fondo.

Montacarichi da cantiere

Per le operazioni di costruzione relative all'edificio 3, risulta necessario dotarsi di un montacarichi per il trasporto di persone e materiali, il sistema di tipo Geda 1500 Z/ZP è dotato di una piattaforma accessibile di dimensioni adeguate allo spazio disponibile, che si può agganciare al muro, il sistema di movimentazione verticale, rappresenta una soluzione semplice e veloce per il trasporto dei materiali e l'esecuzione delle lavorazioni alle diverse quote; il macchinario presenta le seguenti caratteristiche.

- portata : 1500 Kg;
- altezza massima raggiungibile : 150 m;
- velocità di risalita/discesa : 12 m/min.;
- potenza richiesta : 6,1 kW;
- dimensioni piattaforma : 1,40 m x 2,00 m;
- ingombro a terra : 1,70 x 2,00 m.



Figura 7.6 Montacarichi per sollevamento di persone e materiali

Transpallet manuale

Il transpallet standard è un mezzo comodo e versatile per il carico/scarico di materiali dai mezzi di trasporto e la movimentazione dei materiali all'interno del cantiere con peso maggiore di 25 Kg non trasportabili a mano,

compatibile dimensionalmente con l'uso al di sopra della piattaforma del montacarichi.

Il carrello presenta le seguenti caratteristiche.

- portata : 2000 Kg;
- interasse : 1170 mm;
- peso carrello : 70 Kg;
- altezza di sollevamento : 200 mm;
- larghezza telaio : 695 mm;
- lunghezza totale : 1520 mm;
- raggio di sterzata : 1370 mm;
- dimensioni forche : 45/156/1150 mm.

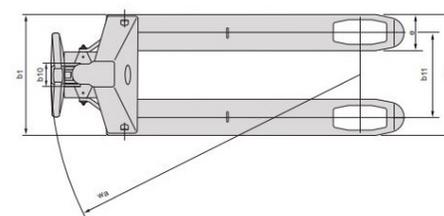
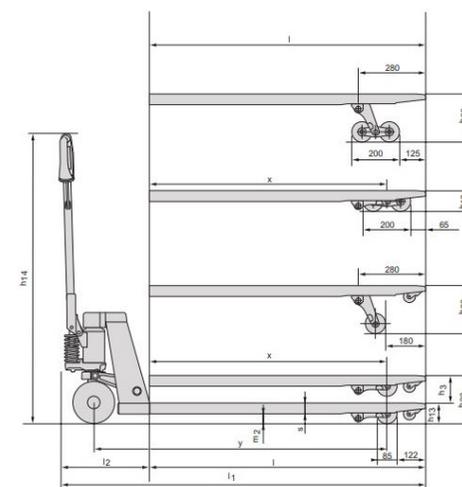


Figura 7.7 Transpallet manuale

7.3.1.5 Macchine e attrezzature per la produzione e lavorazione dei materiali

La scelta di macchinari e attrezzature per la parte esecutiva delle lavorazioni in autocostruzione, sono scelte considerando i vincoli che il cantiere pone, essi non permettono l'utilizzo di macchine di grandi dimensioni che potrebbero velocizzare le operazioni ma a causa della morfologia del terreno, della vicinanza con altri edifici che potrebbero subire danni e dell'esperienza non specialistica degli operatori, si opterà per strumentazioni più piccole ma ugualmente efficaci allo svolgimento delle lavorazioni necessarie.

Oltre alle attrezzature minute generiche da lavoro, necessarie per lo svolgimento delle operazioni di cantiere, i macchinari principalmente utilizzati in cantiere sono i seguenti.

Betoniera a bicchiere

La malta cementizia e la pasta d'intonaco vengono prodotti in cantiere con l'uso di betoniere a bicchiere con caricamento manuale, vista l'incerta disponibilità di allaccio alla rete elettrica per il cantiere, si opta per l'alimentazione tramite motore a scoppio, per tali ragioni la betoniera dovrà essere posta all'esterno, in modo da evitare che i fumi si propagano negli spazi interni.

L'organo lavoratore della betoniera è costituito da un bicchiere che ruota sul proprio asse ed è inclinabile, rispetto al volante, per le operazioni di carico e scarico dei materiali. La versatilità, semplicità d'uso, economicità e trasportabilità della betoniera compensano la limitata capacità di carico del bicchiere con conseguente maggiore lentezza nelle operazioni d'impasto.

La betoniera manuale con motore a scoppio presenta le seguenti caratteristiche.

- potenza motore : 6 hp;
- volume bicchiere : 350 l;
- giri bicchiere/min : 24;
- lunghezza : 1970 mm;
- larghezza : 970 mm;
- altezza : 1490 mm;
- peso : 175 Kg.



Figura 7.8 Betoniera manuale a bicchiere con alimentazione a scoppio

Argano a bandiera

L'argano a bandiera, viene fissato ad uno dei montanti del ponte su cavalletti installato per le lavorazioni in quota e solleva, partendo dal suolo, i materiali al piano di lavoro del ponte su cavalletti, favorendo la corretta esecuzione delle lavorazioni e minimizzando i rischi connessi. E' importante la segregazione dell'area in prossimità dello stesso, quando in funzione, al fine di evitare che la caduta dall'alto di oggetti possa causare infortuni agli operatori.

L'argano a bandiera modello SAT 300 presenta le seguenti caratteristiche.

- potenza motore : 2,28 hp;
- portata massima : 300 Kg;
- velocità di salita : 12 m/min;
- diametro fune : 6 mm;
- peso elevatore : 50 Kg;
- dimensioni : 755x280x430 mm;
- tiro utile : 25 m;
- tiro utile massimo : 50 m.



Figura 7.9 Argano a bandiera

Troncatrice a disco diamantato

La macchina troncatrice a motore con disco diamantato, accoppiata ad idoneo piano di lavoro, permette di tagliare con facilità sia i blocchi Replast che i laterizi; la zona di taglio viene posta all'esterno in zona sicura e segregata quando la macchina è in uso, per evitare che i fumi si possano propagare negli spazi interni, ridurre il rischio di incendi e di escoriazioni dovute alle lavorazioni in corso.

La troncatrice è dotata di un silenziatore e un sistema di smorzamento delle vibrazioni che ne rendono gli utilizzi più comodi e sicuri.

La troncatrice con motore a scoppio Husqvarna K760 disco 350 presenta le seguenti caratteristiche.

- tipologia motore : 2 tempi raff. ad aria;
- potenza motore : 5 hp;
- gruppo di taglio : diametro 350 mm;
- massima profondità di taglio : 125 mm;
- peso senza/con disco : 9,4/9,7 Kg;
- dimensioni : 755x280x430 mm;
- livello acustico : 97 dB;
- cilindrata : 74 cm³.



Figura 7.10 Troncatrice a disco diamantato

7.3.2 Materiali e tecnologie

L'utilizzo di specifici materiali e tecnologie costruttive deve rispondere in maniera adeguata alle esigenze estetiche e di prestazioni poste alla base del processo progettuale; l'utilizzo di un materiale piuttosto che un altro, influisce non soltanto sull'aspetto dell'edificio definendone il dialogo con l'intorno ma anche sulle caratteristiche funzionali. Il compito della progettazione operativa è quello di individuare i materiali e le tecnologie costruttive rispettosi degli obiettivi posti a monte del progetto, ottimizzando costi di approvvigionamento, movimentazione e posa in opera.

7.3.2.1 Materiali

In questo paragrafo verranno descritti i materiali principalmente utilizzati analizzandone le caratteristiche tecniche ed operative.

Calcestruzzo

Il cls è un conglomerato costituito da una miscela di legante (cemento), acqua e aggregati di pezzatura fine e grossa (sabbia e ghiaia) e con l'aggiunta, se necessario, di additivi o aggiunte minerali che ne modificano le caratteristiche chimico fisiche, nonché le prestazioni.

Il cls fresco viene gettato all'interno di casseri e costipato opportunamente con vibratori; idratandosi con l'acqua, fa presa e indurisce conferendo alla miscela una resistenza meccanica tale da renderla assimilabile ad una roccia monolitica. Le caratteristiche tecniche del cls devono rispettare le norme UNI richiamate nelle NTC 2008:

- leganti EN 197;
- aggregati UNI EN 12620, UNI 8520;
- acqua UNI EN 1008;
- additivi EN 934-2

- calcestruzzi EN 12390, UNI 6135, EN 1770, UNI 7086.

Il cls è molto diffuso all'interno della favela a causa del suo basso costo e per la possibilità di essere lavorato da manodopera improvvisata o poco esperta, si è scelto di confermare anche nel progetto dei nuovi edifici questo materiale rappresentativo della comunità di Rocinha.

Il calcestruzzo è stato utilizzato per i plinti di fondazione, i muri controterra, le strutture in elevazione (travi e pilastri), i solai (controterra, interpiano, copertura), la passerella pedonale che porta da Rua Samaritana alla copertura dell'edificio 2, il sistema di scale che collega i due estremi superiore ed inferiore dell'area di intervento.

Il cls adatto è stato scelto in base alle condizioni climatiche del sito, alla resistenza meccanica a compressione richiesta, alla lavorabilità (che deve essere adeguata a causa dell'impossibilità di usare macchinari grandi e delle elevate temperature che aumentano l'evaporazione dell'acqua d'impasto,) alla classe di esposizione e al rapporto acqua cemento (*a/c*).

L'acciaio d'armatura per il cemento armato deve essere del tipo *B450C* come prescritto dalle NTC 2008, si rimandano al capitolo 8, contenente l'approfondimento strutturale, le ulteriori specifiche sulla struttura adottata.

7.3.2.2 Tecnologie costruttive

Le tecnologie costruttive utilizzate rappresentano la sintesi delle scelte progettuali, le quali si pongono l'obiettivo di rendere l'organismo edilizio ed i suoi spazi di pertinenza,

ideali al contesto in cui si trova, sotto il duplice aspetto estetico e prestazionale.

Andiamo ad analizzare le tecnologie costruttive adottate, secondo i seguenti sottosistemi:

- sistema strutturale;
- chiusure orizzontali;
- chiusure verticali opache;
- partizioni verticali opache;
- chiusure verticali trasparenti.

Sistema strutturale

È prevista la medesima tipologia strutturale per tutti gli edifici di progetto, consistente in una maglia strutturale di travi e pilastri in cls gettato in opera.

Le fondazioni sono in c.a. del tipo a plinti, il vespaio di fondazione è areato con muricci in laterizio, che favoriscono la ventilazione e consentono il passaggio delle condotte appartenenti alla rete di drenaggio di progetto.

Anche i muri controterra sono in c.a. e al pari delle fondazioni sono dotati di una membrana bituminosa impermeabilizzante e di uno strato di protezione drenante e filtrante in guaina bugnata in polopropilene che protegge il calcestruzzo da eventuali infiltrazioni d'acqua.

Le strutture di elevazione sono anch'esse in c.a. e presentano sezione quadrata e sezione rettangolare.

Chiusure orizzontali

Le chiusure orizzontali comprendono i solai controterra, di interpiano e di copertura, tutti i solai sono in laterocemento e composti da un orditura di travetti a traliccio d'armatura con fondello in laterizio, tra i quali vengono allocate le pignatte, anch'esse in laterizio, il solaio viene completato con il getto di cls

di riempimento da *5 cm*, per uno spessore della parte strutturale del solaio pari a circa *30 cm*; al di sopra di essa vi è un massetto per gli impianti, l'isolante e la finitura in gres ceramico per i solai intermedi e controterra.

Per i solai di copertura la struttura rimane essenzialmente la stessa, ma nel caso delle coperture verdi, al di sopra di essa viene posto un isolante termico e poi il terreno di spessore variabile a seconda che si tratti di verde estensivo (tetti verdi) o intensivo (orto urbano), nel caso delle coperture pavimentate, al posto del terreno viene posta una pavimentazione in calcestruzzo non armato.

Relativamente alla passerella praticabile, essa presenta graticcio di travi in c.a. intervallate da un sistema a vetro strutturale silicico monocomponente che permette agli spazi situati al di sotto della copertura, di ricevere la luce adeguata.

Chiusure verticali opache

La scelta dei materiali utilizzati per le chiusure verticali opache, viene orientata su prodotti che garantiscano le seguenti caratteristiche:

- basso costo;
- facilità di realizzazione compatibile con l'autocostruzione;
- leggerezza e trasportabilità;
- recupero e riuso dei materiali di scarto prodotti dalla favela;

Per quanto riguarda i muri controterra (*sp. 60 cm*) essi sono interamente in cls e isolate dal terreno tramite doppio strato di isolante termico con impermeabilizzante e guaina bugnata che le protegge dalle infiltrazioni d'acqua. In merito alle chiusure perimetrali, esse sono tutte composte da blocchi con interposta la

malta cementizia, ve ne sono di due tipi, quelle semplici senza intercapedine, composte dai blocchi riciclati Replast (dim. 25x30x30 cm) e prive di isolante, per le buone caratteristiche di isolamento del materiale plastico, e protette dal fuoco tramite idoneo intonaco antincendio; le chiusure che prevedono il passaggio degli impianti sono costituite da un corso di blocchi Replast e un corso di blocchi in laterizio forato (dim. 8x18x33 cm), con interposta intercapedine per gli impianti.

Le chiusure del sistema *Cobogò* sono invece in laterizio forato (dim. 18x18x33 cm) con malta e sono giustapposti componendo una maglia che alterna vuoti e pieni, accostando elementi in laterizio posti secondo la direzione del muro ed elementi disposti nella direzione ad esso ortogonale, dando vita ad un elemento di separazione tridimensionale che favorisce la ventilazione naturale

Partizioni verticali opache

Le partizioni verticali variano in funzione del fatto che debbano ospitare degli impianti o meno, sono tutte composte da laterizi forati (dim. 8-12-18x18x33 cm), con malta cementizia interposta.

Chiusure verticali trasparenti

Le chiusure verticali trasparenti sono state realizzate con profili snelli e minimali che rievocano il modernismo brasiliano, con la possibilità di ottenere grandi specchiature pur mantenendo profili esilissimi; tale risultato è stato ottenuto grazie alla scelta di profili privi di taglio termico, che per le elevate temperature della favela, offrono ottimi standards di isolamento termico.

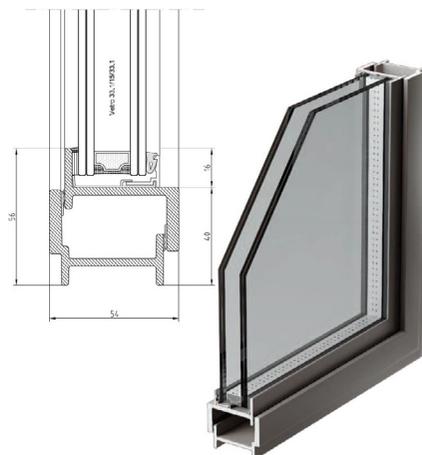


Figura 7.11 Chiusure trasparenti

7.3.3 Opere provvisorie

Per opere provvisorie si intendono tutti quegli apprestamenti ausiliari all'esecuzione dei lavori che presentano carattere temporaneo poichè finalizzati alla costruzione dell'opera, ultimate le lavorazioni vengono smontati e rimossi.

Tramite le opere provvisorie in cantiere, viene a realizzarsi un ordine di opere e attrezzature la presenza delle quali è una condizione necessaria non soltanto per la realizzazione del progetto, ma anche per garantire la sicurezza dei lavoratori. Trattandosi di opere di grande importanza, devono essere attenzionate a livello progettuale e conservativo in opera, così da poter adempiere alle funzioni cui sono demandate.

Gli apprestamenti possono essere di servizio, quando sono asservite allo stazionamento, transito di persone, cose, materiali, attrezzi da lavoro, apparecchi di sollevamento. Il più rappresentativo di questa tipologia di opere

è il ponteggio. Una seconda categoria di apprestamenti sono quelli di sicurezza, come parapetti anticaduta temporanei, mantovane parasassi, piani di arresto che completano solitamente la struttura dei ponteggi. La terza ed ultima categoria di apprestamenti è quella di sostegno, servono a trattenere in posizione le parti d'opera in costruzione fino all'acquisizione delle proprietà meccaniche finali, tra esse abbiamo le casseforme, centine, armature varie.

Appare chiaro come sia di fondamentale importanza che gli apprestamenti garantiscano la sicurezza, durabilità, stabilità durante gli usi, il collegamento deciso tra le parti senza giochi pericolosi dei componenti; tali acquisizioni contribuiscono fortemente alla buona riuscita dell'opera e sono possibili grazie al montaggio, smontaggio, manutenzione e conservazione operati da personale esperto che si assume, in tal modo, la responsabilità piena della salvaguardia della salute degli operatori.

Di seguito verranno descritti i principali apprestamenti utilizzati durante l'intervento progettuale.

Ponteggi metallici a cavalletti

I ponti su cavalletti viene utilizzato solitamente per altezze inferiori a 2 metri, senza parapetto, e per lavori all'interno di edifici dove a causa delle ridotte altezze e della brevità dei lavori da eseguire non è consigliabile il montaggio di un ponteggio metallico fisso.

I cavalletti si differenziano anche per la quota d'imposta dell'impalcato; infatti esistono sia cavalletti ad altezza fissa che regolabile. Il ponteggio utilizzato per le lavorazioni in

autocostruzione da compiere è a tubi in metallo e viene montato per l'effettuazione delle lavorazioni in quota, il ponte presenta una larghezza dell'intavolato di 90 cm, ottenuta disponendo 3 tavolati accostati (dim. 30x40x5 cm), un'altezza di (1,60-1,10 m), perciò non necessita di parapetto anticaduta; risulta necessario, per garantire il buon funzionamento del ponteggio che vi siano almeno tre cavalletti per intavolato, due laterali e uno intermedio, l'accesso al ponte deve avvenire attraverso scala portatile doppia distaccata dal ponteggio stesso pena il rischio di ribaltamenti dell'opera.

Le caratteristiche di resistenza meccanica del ponteggio utilizzato, consentono il lavoro in quota di due operatori che lavorano sinergicamente, con la possibilità di posa del materiale essenziale da lavoro sull'intavolato stesso, rispettare sempre i limiti di portata massima ed il numero di persone ammesse in contemporanea sul ponteggio.

Per le lavorazioni sul ponteggio, due operatori saranno assistiti da altri due operatori a terra, che tramite l'argano a motore, forniranno disponibilità del materiale necessario alla quota di lavoro.

Prima di predisporre il ponte su cavalletti, verificare l'orizzontalità del piano di appoggio ed eventualmente livellarlo tramite tavoloni; verificare il buono stato degli elementi metallici, di incastri e snodi, controllare inoltre il buono stato di conservazione degli elementi in legno scartando gli elementi non idonei (quelli che presentano nodi passanti o pericolose fessurazioni), inoltre non sovrapporre mai verticalmente due cavalletti.

A fine lavoro, provvedere ad un'accurata puli-

cavalletti verificando che non abbiano subito danni durante l'uso.

- Lunghezza di base : 0,85 m;
- Peso totale : 85 Kg.

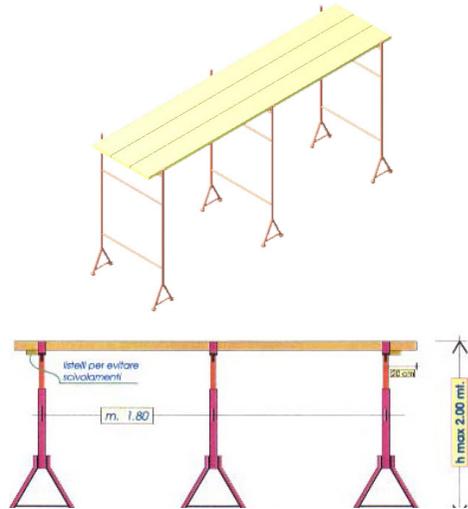


Figura 7.12 Ponte su cavalletti

Trabattello

Il ponte su ruote a torre (trabattello): è un ponteggio mobile, costituito da tubi metallici e tavole (elementi prefabbricati) che dispone di una stabilità propria e presenta uno o più impalcati collocati a quote differenti denominati ponti e sottoponti; l'accesso ai piani di lavoro (ponti) avviene dall'interno per mezzo di scale a mano.

Nel caso specifico viene utilizzato un trabattello in metallo per il completamento della fase di posa degli intonaci di fondo e di finitura in esterno, relativamente all'edificio 3, le quote più elevate non risultano raggiungibili dal ponte su cavalletti.

Il trabattello modello *Full in ferro zincato* presenta le seguenti caratteristiche.

- altezza d'ingombro : 6 m;
- altezza massima di lavoro : 7 m;
- Larghezza di base : 1,60 m;



Figura 7.13 Trabattello

Parapetto di protezione

I parapetti protettivi sono dispositivi di protezione collettiva dedicati alla protezione dal rischio di caduta dall'alto, da una quota maggiore a 2 m. Il modulo minimo del parapetto di protezione, che viene inserito temporaneamente e si mantiene operativo per tutta la durata del cantiere, è costituito da almeno due montanti metallici, con delle asole all'interno delle quali si inseriscono tre correnti, il corrente principale, il corrente intermedio e la tavola fermapiède, l'altezza minima del parapetto è di 0,95 m e la larghezza minima della tavola fermapiède è di 15 cm e la distanza massima tra le tavole di protezione è pari a 47 cm.

I parapetti vengono quindi posti a protezione dei lavori di scavo, e di tutte le realizzazioni fatte in cantiere, in modo da salvaguardare l'incolumità degli operatori.

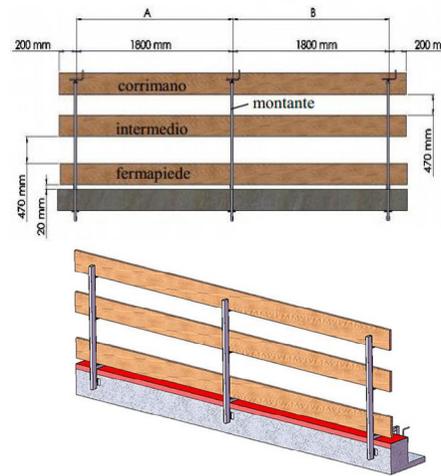


Figura 7.14 Parapetto di cantiere

DPI (dispositivi di protezione individuale)

I dispositivi di protezione individuale fanno parte delle attrezzature di sicurezza ad uso degli operatori, per le specifiche attività condotte in cantiere, al fine di ridurre al minimo i rischi ad esse connessi. Ciascuna attività prevede degli specifici DPI, tra essi i principali sono:

- tuta protettiva;
- guanti;
- scarpe antinfortunistiche;
- casco di protezione;
- sistemi di trattenuta per la caduta dall'alto;
- maschera protettiva;
- occhiali protettivi;
- ottoprotettori.

Per ogni attività, le schede di formazione che illustreremo in seguito prescriveranno i DPI richiesti; per le specifiche lavorazioni dall'alto si farà uso di sistemi di trattenuta, con imbracatura collegata alle linee vita, che permettono di effettuare le lavorazioni sui tetti e le operazioni di ordinaria manutenzione.



Figura 7.15 DPI per la protezione dalla caduta accidentale dall'alto

Canali per il convogliamento dei detriti

Il canale per detriti viene utilizzato durante le lavorazioni in edilizia per scaricare i detriti prodotti in fase di lavorazione sul piano di lavoro, evitando che l'accumulo dei detriti stessi possa limitare gli spazi a disposizione, ostuire lo svolgimento in sicurezza delle lavorazioni o colpire accidentalmente dei passanti o gli operai stessi che lavorano nel cantiere; rappresenta inoltre il modo più sicuro e rapido per trasferirli al suolo ed accumularli all'interno di un cassone per rifiuti, operandone lo smaltimento nel modo adeguato, quando il cassone sarà pieno.



Figura 7.16 Convogliatore per rifiuti

7.4 Organizzazione del cantiere

Nei paragrafi precedenti sono stati analizzati i vincoli di cantiere, i mezzi per l'approvvigionamento di materie prime e i mezzi da lavoro, oltre alle tecnologie costruttive e alle opere provvisorie di principale utilizzo.

Nel seguito analizzeremo il cantiere con le fasi di lavorazione che verranno svolte in sito.

7.4.1 Il funzionamento del cantiere

Il cantiere è un luogo di lavoro temporaneo e può essere definito come un'opera provvisoria la cui durata è pari al decorso dei lavori. Nel cantiere vengono effettuati lavori edili o di ingegneria civile tra cui: lavori di costruzione, manutenzione, riparazione, demolizione, conservazione ecc. Considerate le caratteristiche di unicità dovute sia all'opera da realizzare, sia al contesto ambientale in cui l'opera viene collocata, il cantiere non si può considerare ripetitivo né standardizzabile; non esiste quindi uno schema funzionale di cantiere che possa essere replicato per tutte le situazioni.

Ogni cantiere dovrebbe essere organizzato in modo da permettere le migliori condizioni di sicurezza e, nello stesso tempo, conseguire la massima economia in tempi e costi di costruzione. La giusta organizzazione del cantiere permette di applicare le misure di prevenzione e protezione dei lavoratori. Considerata la complessità delle operazioni necessarie alla costruzione, per la definizione della sequenza e delle fasi di lavoro, la selezione delle attrezzature e delle macchine necessarie oltre al loro posizionamento in cantiere e l'individuazione degli spazi da destinare a ciascuna lavorazione si rende necessaria la **progettazione del cantiere**.

Occorre quindi organizzare il cantiere, con la pianificazione dello spazio fisico e delle attività lavorative, e programmare i lavori, stabilendo cioè una successione temporale delle lavorazioni.

7.4.2 Elementi caratteristici del cantiere

Tra gli elementi principali del cantiere in esame abbiamo i seguenti.

Recinzione di cantiere

La recinzione deve presentare caratteristiche di resistenza idonee a proteggere il cantiere dalle intrusioni impedendo l'accesso agli estranei alle lavorazioni.

Relativamente all'edificio 2, la vicinanza alla scuola primaria "Francisco de Paula Brito", impone che venga ridotta al minimo la visibilità del cantiere dall'esterno, nella fattispecie viene utilizzata una rete metallica zincata a 4 tubi con altezza pari a 2 m, i due montanti metallici si fissano all'interno dei due basamenti in cls laterali che garantiscono la stabilità della recinzione; alla rete viene sovrapposto il telo che protegge con schermatura totale il cantiere dalla vista.

Per quanto concerne l'edificio 3, può essere riproposta la stessa tipologia di recinzione per le zone interne lontano dalla strada, diversamente per il fronte strada con prospicienza su Estrada da Gavea, viene utilizzata una recinzione su jersey con pannelli metallici.

Viabilità e percorsi

La viabilità di cantiere è costituita dai percorsi riservati ai mezzi di cantiere ed al passaggio

e movimento di persone; la viabilità è studiata in base alle dimensioni del cantiere, al contesto, alla tipologia di macchine a disposizione e agli spazi di manovra.

Nel cantiere si dovranno prevedere, specificatamente gli accessi e le segnalazioni, le modalità di accesso dei mezzi di fornitura dei materiali in funzione delle specifiche zone di deposito, stoccaggio e rimessaggio dei mezzi di cantiere.

Aree di stoccaggio

Le aree di deposito e lavorazione rappresentano le zone del cantiere dove avvengono le operazioni di stoccaggio dei materiali e delle attrezzature, tali aree sono di fondamentale importanza perché la giusta collocazione delle stesse, preserva la conservazione dei materiali da utilizzare ed il funzionamento delle attrezzature e macchine di cantiere; queste zone devono essere collocate in posizioni facilmente fruibili dagli addetti ai lavori e dalle macchine di movimentazione, al fine di evitare la formazione di rallentamenti nella viabilità interna del cantiere, con conseguente incremento dei pericoli per gli operatori.

Le aree vengono dimensionate e organizzate per ogni tipo di materiale in funzione della particolare condizione di conservazione che ogni materiale, in base alla sua composizione fisica, necessita.

Devono essere preferibilmente collocate al coperto e protette da vento e soleggiamento diretto, tutti fattori che possono influire negativamente sulle prestazioni dei materiali.

Nelle aree di stoccaggio possono essere inoltre depositati temporaneamente i rifiuti prodotti dalle lavorazioni effettuate.

Impianti per l'alimentazione del cantiere

Tra gli impianti necessari al corretto svolgimento delle lavorazioni in cantiere abbiamo.

- impianto elettrico;
- impianto idrico;
- impianto fognario.

La predisposizione degli impianti in cantiere, deve essere idonea alle varie tipologie di lavorazioni da effettuare e idonea al contesto ambientale in cui il cantiere si trova.

Nel seguito si evidenzieranno dettagliatamente gli elementi di cui sopra.

7.4.3 Fasi generali di cantiere

Inizialmente le imprese specializzate provvedono alla realizzazione degli interventi complessi che sono i seguenti.

- allestimento cantiere;
 - demolizione delle preesistenze che occupano l'area di cantiere;
 - scavi;
 - plinti di fondazione
 - muri controterra;
 - pilastri e travi;
 - solai;
 - tubazioni a pavimento;
 - massetti;
 - sistemi di collegamento;
- Ultimate le precedenti lavorazioni complesse, si inizieranno le attività in autocostruzione che riguarderanno le seguenti attività.
- posa in opera delle chiusure perimetrali in Replast;
 - posa dei blocchi in laterizio forato per il Cobogò e per i tamponamenti interni;
 - stesura dell'intonaco di fondo e dell'intonaco di finitura sulle superfici murarie.

L'impresa specializzata realizzerà, contemporaneamente alla posa in opera delle chiusure perimetrali le seguenti attività.

- posa in opera delle architravi in corrispondenza delle aperture per le porte;
- posa di tubi e canaline elettriche a muro.

Al completamento delle chiusure perimetrali, di tamponamento e degli intonaci, le imprese specializzate si occuperanno delle lavorazioni finali:

- porte e finestre esterne e interne;
- impianti elettrici, idrici e sanitari;
- pavimenti e rivestimenti;
- ascensore;
- scala di emergenza;
- lattonerie;
- linee vita;
- realizzazione framework in metallo e posa in opera dei mattoni pieni che compongono il sistema di oscuramento dell'edificio 2;
- smobilizzo cantiere.

7.4.3.1 Fasi del cantiere effettuate in autocostruzione

Per le lavorazioni di cantiere in progettazione partecipata vengono impiegati 10 operatori, ciascuno con una formazione mirata alla specifica mansione da svolgere in cantiere. Le lavorazioni prevedono le seguenti fasi.

Fase I : posa dei blocchi Replast per realizzare le chiusure perimetrali secondo le seguenti successioni temporali di lavorazione.

- 1) produzione dei blocchi Replast;
- 2) movimentazione dei blocchi e dei contenitori di colla dalle zone di produzione e approvvigionamento alle zone di utilizzo;
- 3) pulitura e lavaggio area di applicazione;

- 4) tracciamento;
- 5) posa della colla adesiva per plastiche;
- 6) taglio pezzi speciali;
- 7) posa blocchi Replast.

Fase II : posa dei blocchi in laterizio forato per realizzare il Cobogò e i tamponamenti interni secondo le seguenti successioni temporali di lavorazione.

- 1) movimentazione dei blocchi in laterizio e dei sacchi di malta dalle zone di approvvigionamento alle zone di utilizzo;
- 2) pulitura e lavaggio area di applicazione;
- 3) tracciamento;
- 4) preparazione della malta;
- 5) posa della malta;
- 6) taglio pezzi speciali;
- 7) posa mattoni forati in laterizio per Cobogò e tamponamenti interni;

Fase III : posa in opera dell'intonaco cementizio di finitura secondo le seguenti successioni temporali di lavorazione.

- movimentazione della polvere di intonaco in sacchi dalla zona di approvvigionamento alle zone di utilizzo;

- 1) movimentazione dei sacchi di polvere di intonaco di fondo, finitura protettiva antincendio e della rete di rinforzo in rotoli CFRP, dalla zona di approvvigionamento alle zone di utilizzo;
- 2) pulitura e lavaggio area di applicazione;
- 3) preparazione intonaco di fondo;
- 4) posa intonaco di fondo;
- 5) posa rete di rinforzo CFRP;
- 6) preparazione intonaco di finitura;
- 7) posa intonaco di finitura con rete porta-intonaco in fibra di vetro.

7.4.3.1.1 Fase I, posa in opera dei blocchi riciclati Replast

I blocchi Replast presentano le seguenti caratteristiche.

- dimensioni : 0,25x0,30x0,30 cm;
- trasmittanza termica : 0,76 W/m²K;
- Colle o adesivi : assenti;
- Certificazioni prestazionali : LEED;
- Peso specifico : 1500 Kg/m³;
- Peso per singolo pezzo : 34 Kg.



Figura 7.17 Blocco riciclato Replast

1) Le tipologie di plastiche compatibili con il funzionamento della macchina sono : polietilene tereftalato, polietilene ad alta densità, polietilene a bassa densità, polivinilcloruro, polietilene, polistirene, altri materiali plastici simili. L'autonomia della macchina è di 2220 l di gasolio che garantisce 10-16 settimane di ciclo operativo continuato. Questa tecnologia converte le maggiori tipologie di materie plastiche in un materiale alternativo chiamato "Replast".

Ciò rappresenta un'opportunità concreta di ridurre la produzione e l'abbandono di materiali plastici e rendere più salubre e vivibile l'ambiente in cui vive la comunità di Rocinha.

In fase produttiva si impiegano due operatori

che controllano e gestiscono il processo produttivo; un operatore è impiegato per la gestione automatizzata dell'impianto che processa in totale 5221 blocchi con produttività di 500 blocchi/giorno per un tempo complessivo di produzione per la specifica attività pari a 10,4 giorni.

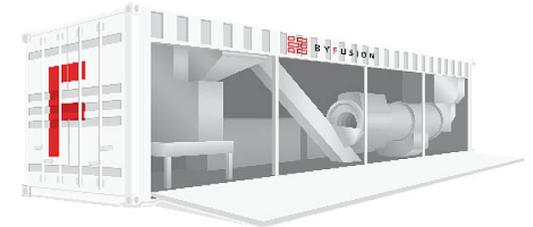


Figura 7.18 Macchina di produzione Replast

Il processo inizia quando il materiale di risulta raggiunge l'area di trasformazione tramite autocarro dotato di cassone ribaltabile, scarica i materiali plastici all'interno di un container all'interno del quale vengono ridotti i pezzi grandi in pezzature più piccole idonee alla fase successiva.

In uscita dal container il materiale viene diretto al compattatore principale attraverso un rullo trasportatore, in ingresso al compattatore subisce dei risciacqui in acqua bollente che unitamente alla funzione di lavaggio e pulitura, sciogliono le plastiche fondendole insieme a formare i blocchi compatti "Replast", nella procedura di compattazione e produzione dei blocchi non vengono utilizzati materiali tossici o adesivi.

I blocchi prodotti presentano la caratteristica di potersi utilizzare con incastro maschio femmina a secco, e a umido con interposta malta cementizia, possono essere prodotti con fori specifici per le barre d'armatura; per le applicazioni murarie da intonacare, viene

rete di rinforzo che consente di migliorare le proprietà di presa del primo strato di intonaco alla muratura, oltre a contrastare il ritiro igrometrico ed i fenomeni fessurativi conseguenti ad esso.

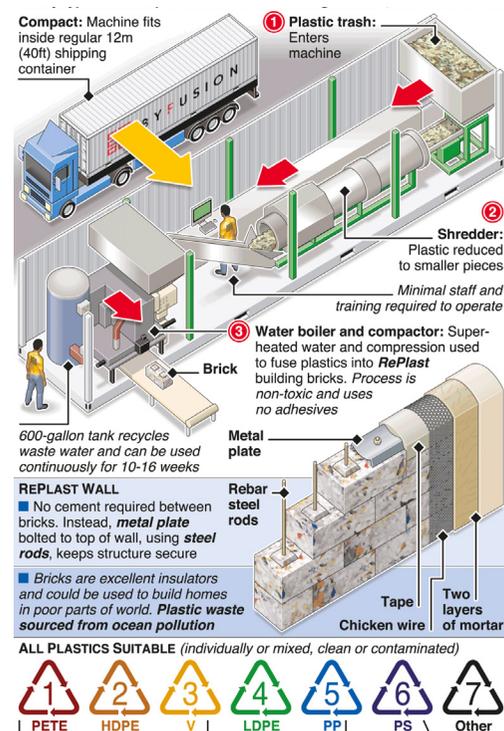


Figura 7.19 Ciclo di funzionamento macchina di produzione Replast

2) I blocchi prodotti dalla macchina nella zona A, vengono caricati sull'autocarro con cassone fisso per favorirne l'avvicinamento al cantiere (zona B), da qui si procede a scaricare il mezzo per condurre i blocchi alle zone di pertinenza dell'edificio 3. Le operazioni vengono condotte con movimentazione manuale, tramite l'uso di transpallet, da due squadre composte da due operatori che lavorano congiuntamente per la movimentazione di ciascun blocco del peso di 34 Kg.

Considerando una distanza media percorsa di 70 m, con una pendenza media di 25°, una capienza di blocchi pari a 40 pezzi/pallet con il peso di 1360 Kg/pallet, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di 20 min/pallet; l'edificio 3 presenta 2426 blocchi in totale. Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata vengono movimentati 960 blocchi e il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a 2,54 giorni.

Per la movimentazione dei contenitori cilindrici di colla adesiva bicomponente da 23 l, considerando una capienza pari a 27 contenitori/pallet con il peso di 620 Kg/pallet, il tempo impiegato per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di 12 min/pallet, avendo una volumetria da applicare per ciascun blocco pari a 0,0009 m³, ogni contenitore posa al massimo 28 blocchi ed ogni pallet contiene 27 contenitori, la movimentazione di 87 contenitori sarà completata in 48 minuti.

Per l'edificio 2, allo stesso modo dalla zona A di produzione, i blocchi vengono trasportati alla zona C, da qui si procede a scaricarli per movimentarli presso le aree di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2. Considerando una distanza media percorsa di 60 m, con una pendenza trascurabile, una capienza di blocchi pari a 44 pezzi/pallet con il peso di 1496 Kg/pallet, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di 15 min/pallet; l'edificio 3 presenta 2795 blocchi in totale.

Considerando un giorno lavorativo di 8 ore vengono movimentati 1408 blocchi e il tempo impiegato è pari a 2 giorni.

Per la movimentazione dei contenitori cilindrici di colla adesiva bicomponente, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di 7 min/pallet, avendo una volumetria da applicare per ciascun blocco pari a 0,0009 m³, e considerando che ogni contenitore ha la capienza per 28 blocchi, la movimentazione di 100 contenitori sarà completata in 28 minuti.

3) Le operazioni di pulitura, effettuate da un operatore, prevedono l'adeguamento delle superfici di posa delle chiusure, vengono svolte assicurandosi di rimuovere completamente polveri, residui di materiale solido, foggia, vegetazioni infestanti ed eventuali rifiuti, contestualmente viene effettuata la rimozione di eventuali dislivelli o avvallamenti che potrebbero pregiudicare la corretta posa della muratura.

4) Per tracciamento si intendono tutte le procedure operative adottate per materializzare sul terreno i punti più importanti di un oggetto. Una squadra di due operatori colloca, agli estremi della muratura da realizzare e in corrispondenza dei pilastri di spigolo, uno steccato perimetrale sul quale si fissa il filo di allineamento verticale (filo a piombo) che serve per materializzare la verticale del muro e il filo orizzontale che, muovendosi in alzato lungo i piedritti dei calandri secondo il modulo del blocco da disporre, consente di materializzare l'orizzontale della muratura da realizzare. Per pareti di lunghezza notevole, la tesatura del filo si ha disponendo uno o

più blocchi intermedi. Nel presente caso, la presenza di diversi setti di parete separati dalle bucatore di porte e finestre richiederà un tracciamento complessivo per rendere possibile la perfetta ammorsatura dei setti. Per un giorno lavorativo di 8 ore, considerando una produttività di 3 min/m², avendo una superficie pari a 345 m² per ciascuna squadra il tempo impiegato è pari a 2,15 giorni.

5) La posa della colla adesiva poliuretana bicomponente viene svolta da un operatore che lavora collaborazione con un posatore; gli operatori si occupano di garantire la corretta disposizione dei blocchi e di favorire la presa tra colla e blocco, e altri due operatori, con disponibilità di cazzuola, frattazzo, contenitore per colla, stendono, sul piano di lavoro predefinito la colla adesiva, procedendo su due fasce parallele in corrispondenza delle costole esterne dei blocchi da collocare.

Per i corsi successivi (sp. 0,5 cm), gli operatori avanzano con contenitore e cazzuola per rimuovere eventuali eccessi di materiale, controllando che l'orizzontalità del paramento murario sia mantenuta, tramite bolla su livella.

La colla arriva in cantiere in contenitori da 23 l ed è già pronta per essere applicata, il tempo per la lavorazione è pari 1,5 minuti per il blocco intero e 45 secondi per il blocco tagliato, il tempo complessivo per la specifica attività di posa della colla adesiva è pari a 7,8 giorni.

6) L'attività di taglio dei blocchi per adattarli all'uso, prevede l'utilizzo di una troncatrice a disco diamantato forato; due operatori prelevano il blocco Replast da tagliare dall'area di stoccaggio e lo dispongono sul piano di

lavoro, dove viene disposta anche la troncatrice, l'area di lavoro deve essere al coperto ma anche collocata in zona ventilata per garantire la necessaria evacuazione dei fumi, successivamente gli operatori controllano lo stato di efficienza della macchina e mettono in sicurezza l'area, dopo di ciò l'addetto al taglio può rimuovere il dispositivo di sicurezza e accendere la troncatrice iniziando la lavorazione, al completamento, attua le operazioni spegnimento, pulizia e controllo della macchina.

Considerando un tempo operativo di 1 *minuto* che comprende le operazioni di posizionamento, accensione, spegnimento e pulizia della macchina e un tempo effettivo di taglio pari a 2 *minuti*, il tempo per la lavorazione è pari a 3 *min/blocco*; riferendosi al totale dei blocchi da tagliare che è pari a 457 *blocchi*, il tempo complessivo per la lavorazione risulta pari a 2,86 *giorni*.

7) La posa dei blocchi Replast a livello terreno viene effettuata da due squadre composte da due operatori, il primo intervento prevede la posa a secco del primo corso di blocchi per verificare la posizione e quantità dei tagli da effettuare, distanziando i blocchi dello spessore del giunto di malta (*sp. 1 cm*), la parete verrà realizzata partendo dagli estremi e proseguendo via via verso l'interno; la colla viene posta da un altro operatore, sul piano di posa del primo corso, successivamente si procede alla posa del primo corso di blocchi che vengono sollevati singolarmente da due operatori in modo congiunto, ed appoggiati in fila.

Per avere un ammorsamento adeguato dei corsi, essi devono essere sfalsati a metà o ad un terzo della lunghezza del blocco, in

questo modo si procede fino all'ultimazione del primo corso; a questo punto la lavorazione può continuare con la stesura del secondo strato di colla adesiva, iniziando la posa dei blocchi di secondo corso dall'estremo con il mezzo blocco procedendo allo stesso modo con i corsi successivi fino al raggiungimento della quota di 1,60 *m*, massima altezza operabile senza ausilio di ponteggi.

Per la prosecuzione delle lavorazioni e consentire la presenza di un franco di protezione alla caduta di almeno 60 *cm* dal piano di lavoro del ponteggio, si effettua la posa di due coppie di blocchi sovrapposti collegati in quota da una tavola, tale accorgimento permette di posare da terra altri due corsi di blocchi raggiungendo i 2,10 *m*, la barriera anticaduta così costituita permetterà di ultimare in sicurezza, dal ponte su cavalletti, la posa dei blocchi rimanenti non posabili dal livello terreno. Considerando che la resistenza massima del ponte è pari a 300 *Kg/m²* e che il franco minimo da lasciare per il passaggio sull'andatoia del ponteggio è pari a 60 *cm*, gli operatori devono limitare la quantità di oggetti da tenere sul ponteggio a quelli strettamente necessari alla lavorazione che sono : due blocchi (68 *Kg*), una cassetta per malta (60 *Kg*), attrezzature di lavoro varie (15 *Kg*); sommando il peso dei due operatori che effettuano la lavorazione, si raggiunge il valore di portata massima ammissibile. Per una buona ergonomia di lavoro e con la finalità di ridurre eccessive flessioni per gli operatori risulta importante sollevare il cassone per la malta su una coppia di blocchi. I due operatori in quota sono assistiti da due operatori a terra che forniscono i blocchi sul piano di lavoro del ponteggio, tramite l'uso di apposito argano.

Il tempo complessivo impiegato per il completamento della lavorazione, considerato per *m²* di parete, è pari a 40 *minuti* e considera i seguenti contributi : 3 *minuti* per le operazioni di tracciamento, 18 *minuti* per la posa in opera dei blocchi, 16 *minuti* per la posa della colla, 3 *minuti* per la realizzazione dei ponteggi e delle attività ausiliarie; avendo una superficie complessiva di chiusure da posare di 345 *m²*, il tempo complessivo per la specifica attività di posa dei blocchi è pari a 14,4 *giorni*.

7.4.3.1.2 Fase II, posa in opera dei blocchi in laterizio forato

Il mattone forato utilizzato per il Cobogò presenta le seguenti caratteristiche.

- Dimensioni : 18x18x33 *cm*;
- Peso specifico : 700 *Kg/m³*;
- Trasmittanza termica : 1,5 *W/m²K*;
- Imballo : pallet da 93 unità;
- Peso : 7,5 *Kg*;
- Temperatura impiego : 5° - 35°.



Figura 7.20 Mattone forato facciavista

Il mattone forato utilizzato per i tamponamenti interni presenta le seguenti caratteristiche.

- Dimensioni : 12x18x33 *cm*;
- Conducibilità termica : 0,20 *W/mK*;

- Peso specifico : 700 *Kg/m³*;
- Trasmittanza termica : 2,05 *W/m²K*;
- Imballo : pallet da 140 unità;
- Peso : 5 *Kg*;
- Temperatura impiego : 5° - 35°.



Figura 7.21 Mattone forato per tamponamento

1) La prima fase riguarda la movimentazione dei mattoni in laterizio da utilizzare per il Cobogò dell'edificio 3 e prevede che il materiale venga trasportato tramite autocarro alla zona B, da qui si procede alla movimentazione manuale che viene effettuata, tramite l'uso di transpallet, da due operatori che trasportano i mattoni con dimensioni (0,18x0,18x0,33) *m* e peso di 7,5 *Kg* alle zone di stoccaggio. Considerando una distanza media percorsa di 40 *m*, con una pendenza media di 20°, una capienza di mattoni pari a 93 *pezzi/pallet* con il peso di 700 *Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo di trasporto tramite transpallet che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di 12 *min/pallet*; l'edificio 3 presenta 3810 *mattoni in totale*.

Considerando un giorno lavorativo di 8 ore, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a 1,03 *giorni*.

Inoltre va considerata anche la movimentazione dei sacchi di malta per l'allettamento dei mattoni suddetti, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *9 min/pallet*, la movimentazione dei *323 sacchi* considerando *60 sacchi/pallet* sarà completata in *54 minuti*.

La seconda fase prevede la movimentazione dei mattoni in laterizio con dimensioni (*0,12x0,18x0,33*) m e peso di 5 Kg da utilizzare per i tamponamenti interni dell'edificio 3 con le medesime modalità di movimentazione manuale di cui sopra. Considerando una distanza media percorsa di *40 m*, con una pendenza media di *20°*, una capienza di mattoni pari a *140 pezzi/pallet* con il peso di *700 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *10 min/pallet*; l'edificio 3 presenta *931 mattoni in totale*.

Considerando sempre una giornata lavorativa massima di 8 ore, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *1,17 ore*.

La movimentazione della malta, per questa fase, è identica alla precedente e richiede un numero pari a *79 sacchi*, considerando sempre una capienza di *60 sacchi/pallet* questa specifica attività sarà completata in *18 minuti*.

La terza fase riguarda la movimentazione dei mattoni in laterizio con dimensioni pari a (*0,12x0,18x0,33*) m che vengono utilizzati per i tamponamenti interni dell'**edificio 2**, e prevede che il materiale venga trasportato tramite autocarro alla zona C, da cui si

procede alla movimentazione manuale con le stesse modalità sopra dette. Considerando una distanza media percorsa di *60 m*, con pendenza trascurabile, una capienza di mattoni pari a *140 pezzi/pallet* con il peso di *700 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *7 min/pallet*; l'edificio 2 presenta *3575 mattoni in totale*.

Considerando un giorno lavorativo di 8 ore, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *3,03 ore*.

La movimentazione dei sacchi di malta per l'allettamento dei mattoni suddetti prevede un impiego di tempo, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, di *8 min/pallet*, il tempo complessivo impiegato per la specifica lavorazione, considerando 295 sacchi da movimentare e una capienza pari a *60 sacchi/pallet*, sarà pari a *40 minuti*.

2) Le operazioni di pulitura, che vengono effettuate da un operatore singolo, prevedono l'adeguamento delle superfici di posa delle chiusure, tali attività vengono svolte assicurandosi di rimuovere completamente polveri, residui di materiale solido, fogliame, vegetazioni infestanti ed eventuali rifiuti, contestualmente viene effettuata la rimozione di eventuali dislivelli o avallamenti che potrebbero pregiudicare la corretta posa della muratura.

Ultimate le operazioni di posa dei paramenti murari, per favorire la presa delle malte e dell'intonaco sulle superfici, sono necessari cicli di bagnatura che, considerate le elevate temperature tipiche del sito, ne limitano il

possibile ritiro igrometrico.

3) Una squadra di due operatori colloca agli estremi della muratura da realizzare e in corrispondenza dei pilastri di spigolo, uno steccato perimetrale sul quale si fissa il filo di allineamento verticale (filo a piombo) che serve per materializzare la verticale del muro e il filo orizzontale che, muovendosi in alzato lungo i piedritti dei calandri secondo il modulo del blocco da disporre, consente di materializzare l'orizzontale della muratura da realizzare.

A tesatura del filo viene mantenuta disponendo dei blocchi intermedi. Nel presente caso, la presenza di diversi setti di parete separati dalle bucatore di porte e finestre richiederà un tracciamento complessivo per rendere possibile la perfetta ammorsatura dei setti. Per un giorno lavorativo di 8 ore, considerando una produttività di *2 min/m²*, avendo una superficie pari a *405 m²* per ciascuna squadra il tempo impiegato è pari a *1,69 giorni*.

4) La malta cementizia viene prodotta direttamente in cantiere da due operatori con l'uso di una betoniera a motore a bicchiere con caricamento manuale, il bicchiere ha una capacità reale di *300 l*.

Il ciclo di preparazione della malta considera: *30 secondi* per l'alimentazione e controllo di sicurezza della betoniera, *1 minuto* per l'immissione di acqua e della polvere di malta all'interno del bicchiere, *3 minuti* per avviamento con preparazione dell'impasto, *2 minuti* per lo svuotamento del bicchiere e trasporto alle zone di applicazione con successiva pulitura della betoniera, messa in sicurezza e spegnimento; il tempo compless-

sivo per la lavorazione risulta pari a *6,5 minuti*. Considerando che il quantitativo massimo di malta fresca prodotta per ciascun ciclo è pari a *300 Kg*, con una resa della stessa pari a *17 Kg/m²*, per una superficie complessiva di applicazione pari a *1017 m²*, considerando un giorno lavorativo di 8 ore, il tempo complessivo per completare la lavorazione di preparazione della malta è pari a *6,24 ore*.

5) La posa della malta viene effettuata da due squadre composte da due operatori che lavorano in prossimità, due posatori si occupano di garantire la corretta disposizione dei mattoni forati e di favorire la presa tra malta e mattone, due addetti all'impasto, con disponibilità di cazzuola, frattazzo, contenitore per malta ed eventualmente un secchiello con acqua, stendono, sul piano di lavoro predefinito dopo averlo irrorato d'acqua, la malta di base, procedendo su due fasce parallele in corrispondenza delle costole esterne dei blocchi

Per i corsi successivi (*sp. 1 cm*), gli operatori avanzano con contenitore e cazzuola per rimuovere eventuali eccessi di materiale, controllando che l'orizzontalità del paramento murario sia mantenuta, tramite bolla su livella; il tempo per la lavorazione risulta pari a *8 min/m²*, avendo una superficie di posa pari a *1017 m²*, il tempo complessivo per la specifica attività di posa della malta è pari a *8,5 giorni*.

6) L'attività di taglio dei blocchi per adattarli all'uso, prevede l'utilizzo di una troncatrice a disco diamantato forato, alimentata da motore a scoppio; un operatore preleva il mattone forato da tagliare dall'apposita area di stoccaggio e lo dispone sul piano di lav-

troncatrice, successivamente gli operatori controllano lo stato di efficienza della macchina e mettono in sicurezza l'area, dopo di ciò l'addetto al taglio può rimuovere il dispositivo di sicurezza e accendere la troncatrice iniziando la lavorazione, al completamento, attua le operazioni spegnimento, pulizia e controllo della macchina.

Considerando un tempo operativo di *0,5 minuti* che comprende le operazioni di posizionamento, accensione, spegnimento e pulizia della macchina e un tempo effettivo di taglio pari a *1 minuti*, il tempo per la lavorazione è pari a *1,5 min/mattone*; riferendosi al totale dei blocchi da tagliare che è pari a *828 mattoni*, il tempo complessivo per la lavorazione risulta pari a *2,59 giorni*.

7) La posa dei mattoni forati a livello terreno viene effettuata da due squadre composte da due operatori, il primo intervento prevede la posa a secco del primo corso di mattoni per verificare la posizione e quantità dei tagli da effettuare, distanziando i blocchi dello spessore del giunto di malta (*sp. 1 cm*); il letto di malta viene posto da un operatore, sul piano di posa del primo corso, successivamente si procede alla posa del primo corso di mattoni che vengono sollevati ed appoggiati in fila.

Per avere un ammorsamento adeguato dei corsi, essi devono essere sfalsati a metà o ad un terzo della lunghezza del mattone, in questo modo si procede fino all'ultimazione del primo corso; a questo punto la lavorazione può continuare con la stesura del secondo strato di malta, iniziando la posa dei mattoni di secondo corso dall'estremo con il mezzo mattone procedendo allo stesso modo con i corsi successivi fino alla quota

di *1,60 m*, massima altezza operabile senza ausilio di ponteggi, trabattelli ed altre opere per le lavorazioni in quota. Per consentire la presenza di un franco di protezione alla caduta di almeno *60 cm* dal piano di lavoro del ponteggio, si effettua la di due cataste da quattro mattoni sovrapposti collegati in quota da una tavola, tale accorgimento permette di posare da terra altri corsi di mattoni e raggiungere i *2,32 m*, la barriera anticaduta così costituita permetterà di ultimare, dal ponte su cavalletti, la posa dei mattoni rimanenti non posabili da terra.

Considerando che la resistenza massima del ponte è pari a *300 Kg/m²* e che il franco minimo da lasciare per il passaggio sull'andatoia del ponteggio è pari a *60 cm*, gli operatori devono limitare la quantità di oggetti da tenere sul ponteggio a quelli strettamente necessari alla lavorazione che sono : un numero limitato di mattoni sulle andatoie (*max. 7 mattoni da 7,5 Kg e max. 11 mattoni da 5 Kg*), una cassetta per malta (*60 Kg*), attrezzature di lavoro varie (*15 Kg*); sommando il peso dei due operatori si raggiunge il valore di portata massima ammissibile del ponteggio. Per una buona ergonomia di lavoro e con la finalità di ridurre eccessive flessioni per gli operatori risulta importante sollevare il cassone per la malta su una catasta di mattoni. I due operatori in quota sono assistiti da un operatore a terra che fornisce i mattoni sul piano di lavoro del ponteggio, tramite l'uso di apposito argano.

Il tempo complessivo impiegato per il completamento della lavorazione, considerato per *m²* di parete, è pari a *22 minuti* e considera i seguenti contributi : *2 minuti* per le operazioni di tracciamento, *9 minuti* per la posa in opera dei mattoni, *8 minuti* per la posa del

letto di malta, *3 minuti* per la realizzazione dei ponteggi e delle attività ausiliarie; avendo una superficie complessiva di chiusure da posare di *405 m²*; per un giorno lavorativo di 8 ore, il tempo complessivo per completare la specifica attività di posa dei blocchi è pari a *9,3 giorni*.

7.4.3.1.3 Fase III, posa in opera dell'intonaco

La malta adesiva fibrorinforzata utilizzata come intonaco di fondo presenta le seguenti caratteristiche.

- Imballo : sacchi da 25 Kg, 60 sacchi per pallet;
- Spessore minimo : 5 mm
- Consumo : 14 Kg/m²/cm;
- Acqua di impasto : 6,5-7 l/sacchetto;
- Massa volumica : 1200 Kg/m³;
- Granulometria : 0-1,3 mm;
- Spessore : 10 mm;
- Tempo di vita impasto : 1 ora;
- Temperatura impiego : 5° - 35°.



Figura 7.22 Intonaco di fondo

L'intonaco antincendio a base di cemento e perlite utilizzato come intonaco di finitura presenta le seguenti caratteristiche.

- Imballo : sacchi da 15 Kg, 63 sacchi per pallet;

- Spessore minimo : 10 mm;
- Consumo : 8,5 Kg/m²/cm;
- Acqua di impasto : 6,0-6,5 l/sacchetto;
- Massa volumica : 750 Kg/m³;
- Reazione al fuoco : classe A1;
- Temperatura impiego : 5° - 35°;
- Diametro massimo aggregato : < 2,5 mm.



Figura 7.23 Intonaco protettivo antincendio di finitura

1) La prima fase riguarda la movimentazione dei sacchi contenenti l'intonaco di fondo da utilizzare per i blocchi Replast ed i mattoni di tamponamento. Per l'**edificio 3** si prevede che il materiale venga trasportato tramite autocarro alla zona B, da qui si procede alla movimentazione manuale che viene effettuata, tramite l'uso di transpallet, da due operatori che lavorano congiuntamente per trasportare i sacchi da *25 Kg* ciascuno, alle zone di stoccaggio. Considerando una distanza media percorsa di *70 m*, con una pendenza media di *25°*, una capienza pari a *60 sacchi/pallet* con il peso di *1500 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo di trasporto che considera, scarico autocarro movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *13 min/pallet*; l'**edificio 3** richiede *620 sacchi totali*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *2,38 ore*.

Per l'**edificio 2**, allo stesso modo dalla *zona A* di produzione, i sacchi vengono trasportati alla *zona C*, da qui si procede a scaricarli per movimentarli presso le aree di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2.

Considerando una distanza media percorsa di *60 m*, con una pendenza trascurabile, una capienza di sacchi pari a *60 sacchi/pallet* con il peso di *1500 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *8 min/pallet*; l'edificio 2 richiede *934 sacchi in totale*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata, vengono movimentati *sacchi* e il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *2,13 ore*.

La seconda fase riguarda la movimentazione della rete di rinforzo in CFRP. Per l'**edificio 3** si prevede che il materiale venga trasportato tramite autocarro alla *zona B*, da qui si procede alla movimentazione manuale che viene effettuata, tramite l'uso di transpallet, da due operatori che lavorano congiuntamente per trasportare i rotoli da *14 Kg* ciascuno, alle zone di stoccaggio. Considerando una distanza media percorsa di *70 m*, con una pendenza media di *25°*, una capienza di rotoli pari a *20 rotoli/pallet* con il peso di *280 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo di trasporto tramite transpallet che considera scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *12 min/pallet*; l'edificio 3 richiede *25 rotoli in totale*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la pro-

duktività considerata, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *24 minuti*.

Per l'**edificio 2**, allo stesso modo dalla *zona A* di produzione, i rotoli vengono trasportati alla *zona C*, da qui si procede a scaricarli per movimentarli presso le aree di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2.

Considerando una distanza media percorsa di *60 m*, con una pendenza trascurabile, una capienza di sacchi pari a *20 rotoli/pallet* con il peso di *280 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *7 min/pallet*; l'edificio 2 richiede *26 rotoli in totale*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata il tempo impiegato per ultimare la movimentazione dei rotoli è pari a *14 minuti*.

La terza fase riguarda la movimentazione dei sacchi contenenti l'intonaco protettivo antincendio di finitura da utilizzare per i blocchi Replast ed i mattoni di tamponamento. Per l'**edificio 3** il materiale viene approvvigionato allo stesso modo di cui al punto 1, per i sacchi del peso di *15 Kg*, considerando le medesime distanze precedenti, una capienza pari a *63 sacchi/pallet* con il peso di *945 Kg/pallet*, il tempo impiegato, per il ciclo di trasporto tramite transpallet che considera, scarico autocarro - movimentazione - uso montacarichi - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *10 min/pallet*; l'edificio 3 richiede *628 sacchi in totale*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata, il tempo impiegato per ultimare la movimentazione è pari a *1,66 ore*.

Per l'**edificio 2** allo stesso modo, conside-

rando le medesime condizioni espresse in precedenza il tempo impiegato, per il ciclo che considera, scarico autocarro - movimentazione - scarico presso le aree di stoccaggio - ritorno, è di *5 min/pallet*; l'edificio 2 richiede *944 sacchi in totale*.

Per un giorno lavorativo di 8 ore, con la produttività considerata il tempo impiegato per ultimare la movimentazione dei sacchi è pari a *1,25 ore*.

2) Le operazioni di pulitura, condotte dagli operatori addetti all'intonaco, prevedono la rimozione di polvere, malta e intonaco in eccesso dal supporto, ciò garantisce la corretta adesione degli strati successivi.

Ultimate le operazioni di posa dell'intonaco di fondo, che consente un livellamento grossolano della parete, le operazioni di pulitura si ripetono sulla nuova superficie di fondo, garantendo le migliori condizioni di presa allo strato di intonaco di finitura. Le operazioni di bagnatura devono essere effettuate adeguatamente perchè contribuiscono, assieme all'azione delle reti metalliche di supporto, a ridurre la formazione di fessure sulla superficie esterna dell'intonaco, contrastando il ritiro, comportamento amplificato dalle elevate temperature.

3) La preparazione dell'intonaco di fondo viene eseguita da due impastatori secondo gli stessi criteri visti prima; il ciclo di preparazione dell'intonaco di fondo considera: *30 secondi* per l'alimentazione e controllo di sicurezza della betoniera, *1 minuto* per l'immissione di acqua e della polvere di malta all'interno del bicchiere, *2 minuti* per avviamento con preparazione dell'impasto, *2 minuti* per lo svuotamento del bicchiere e trasporto alle zone di applicazione con

successivo riempimento delle cassette per impasto e secchi a livello terreno e in quota e successiva pulitura della betoniera con spegnimento e messa in sicurezza, il tempo complessivo per la lavorazione è di *5,5 minuti*.

Considerando che il quantitativo massimo di intonaco fresco prodotto per ciascun ciclo è pari a *300 Kg* e la resa della malta è pari a *14 Kg/m²*, per la superficie complessiva di *2775 m²* che considera interno ed esterno, il tempo complessivo per la specifica attività di preparazione dell'intonaco è pari a *11,87 ore*.

4) Le lavorazioni di posa dell'intonaco di fondo, vengono svolte da due squadre di due intonacatori, coadiuvate da una coppia di impastatori. La prima operazione prevede la realizzazione delle fasce, che sono i binari di riferimento per completare la parete, si tratta di porzioni di intonaco di larghezza ridotta che fanno da guida per il riempimento del resto e costituiranno il riferimento per la corretta tiratura del primo strato di intonaco, dopo qualche giorno si può procedere al riempimento delle fasce.

In seguito si effettua la posa del primo strato di intonaco detto rinzaffo utilizzando la malta ad elevata capacità adesiva, il getto viene svolto a mezzo cazzuola distribuendo con forza sul muro la malta, tale applicazione presenta uno spessore di *5 millimetri* a contatto diretto con il blocco Replast e consente di risolvere avvallamenti e disomogeneità, costituendo il supporto su cui si andrà a stendere la rete di rinforzo. Ultimata la posa della rete, si può procedere al getto della seconda parte di getto di spessore di *5 millimetri* che completa l'intonacatura di fondo.

Successivamente viene effettuata una liscia-

tura trascinandolo sulla parete con un listello tutto il materiale sovrabbondante dall'alto verso il basso, il materiale di risulta verrà raccolto e riutilizzato mescolandolo al rimanente, alla fine di questo processo la parete risulterà più liscia. Questo processo verrà realizzato da livello terreno fino alla quota di circa $1,60\text{ m}$ di livello terreno. Le operazioni in quota verranno condotte da due operatori per squadra che lavorano da ponte su cavalletti assistiti da altri due operatori che preparano la pasta di intonaco e forniscono l'impasto agli intonacatori tramite idoneo argano a motore. Prestare sempre attenzione alla portata massima che il ponte su cavalletti può sostenere.

Il tempo di lavorazione complessivo per la posa dell'intonaco di fondo considera, 4 minuti per la realizzazione e riempimento delle fasce di riferimento, 3 minuti posa del rinzaffo. Il tempo complessivo pari a $7\text{ minuti}/\text{m}^2/\text{cm}$. Considerata un'estensione superficiale di 2775 m^2 le due squadre per completare la lavorazione impiegano complessivamente $20,2\text{ giorni}$.

5) La rete in fibra di carbonio polimerica CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) viene trasportata in rotoli e agganciata partendo dal basso e dall'estremo della parete, muovendosi progressivamente fino al lato opposto. Ultimato il livello terreno, si procede alla porzione di parete superiore allo stesso modo, assicurandosi un livello di sovrapposizione del manto di almeno $10-15\text{ cm}$. Il tempo impiegato è di $1,5\text{ min}/\text{m}^2$, considerata una superficie complessiva di 1257 m^2 , le due squadre per completare la lavorazione impiegano complessivamente $3,9\text{ giorni}$.

6) La preparazione dell'intonaco di finitura viene eseguita da due impastatori, il ciclo di preparazione dell'intonaco di finitura considera: 30 secondi per l'alimentazione e controllo di sicurezza della betoniera, 1 minuto per l'immissione di acqua e della polvere di malta all'interno del bicchiere, 2 minuti per avviamento con preparazione dell'impasto, 2 minuti per lo svuotamento del bicchiere e trasporto alle zone di applicazione con successivo riempimento delle cassette per impasto e secchi a livello terreno e in quota e successiva pulitura della betoniera con spegnimento e messa in sicurezza, il tempo complessivo per la lavorazione è di $5,5\text{ minuti}$.

Considerando che il quantitativo massimo di intonaco fresco prodotto per ciascun ciclo è pari a 300 Kg e la resa dell'intonaco protettivo antincendio è pari a $8,5\text{ Kg}/\text{m}^2/\text{cm}$, per la superficie complessiva di 2775 m^2 , il tempo complessivo per la specifica attività di preparazione dell'intonaco è pari a $7,2\text{ ore}$.

7) Le lavorazioni di posa dell'intonaco protettivo antincendio di finitura, vengono svolte da due squadre di due intonacatori, coadiuvate da una coppia di impastatori.

Ad asciugatura ultimata del fondo, si potrà eseguire la prima metà dello strato di finitura con la funzione di protezione del muro, questa fase, prevede che, dopo aver bagnato con acqua la parete, si stenda l'intonaco di finitura sulla stessa per uno spessore pari a 5 mm , tramite cazzuola e frattazzo, fino all'ultimazione della parete, per evitare che vi siano zone con asciugatura differenziata, creando delle pericolose autotensioni, si posa una rete porta-intonaco in fibra di vetro con maglia ($10\times 10\text{ mm}$), la rete deve essere estesa per 30 cm circa oltre la linea di

discontinuità dei materiali ed essere inglobata nello spessore dell'intonaco. Ultimata la posa della rete si procede alla posa dell'ultima parte d'intonaco di finitura dello spessore di 5 mm che dovrà essere fresco ma non eccessivamente da essere asportato dal movimento rotatorio del frattazzo. Durante il lavoro sarà possibile asportare residui di materiale ed effettuare una lisciatura finale che restituisce la superficie definitiva. Il tempo complessivo per la posa dell'intonaco di finitura è pari a $4\text{ minuti}/\text{m}^2/\text{cm}$, 3 minuti vengono impiegati per la posa dello strato di finitura e 1 minuto per la posa della rete in fibra di vetro. Considerata una superficie di 2775 m^2 , le due squadre impiegano $11,6\text{ giorni}$.

7.4.4 Calcolo delle durate

I dati temporali ricavati, non permettono di ricavare la durata complessiva di una lavorazione, perchè riferiti alle singole sottofasi, in realtà la durata di una lavorazione, deve considerare le contemporaneità; determiniamo in seguito la durata effettiva delle lavorazioni in autocostruzione.

7.4.4.1 Calcolo del tempo di realizzazione delle chiusure

Il tempo necessario per la realizzazione delle chiusure perimetrali con blocchi Replast, considera le seguenti sottofasi:

- produzione;
- movimentazione;
- pulitura;
- tracciamento;
- taglio blocchi;
- posa blocchi.

Le fasi di produzione e movimentazione vengono svolte contemporaneamente e solo all'ultimazione delle stesse si potrà procedere alle fasi seguenti.

Per la produzione vengono impiegati *due operatori* addetti al ciclo produttivo, contemporaneamente *quattro operatori*, dispongono i blocchi su pallet e in seguito, tramite transpallet, li caricano su idoneo autocarro per l'avvicinamento alle aree di cantiere, da qui *due operatori* procedono allo scarico e movimentazione dei pallet, verso le zone di stoccaggio; il tempo impiegato per l'attività suddetta è pari a $10,4\text{ giorni}$ ed il fattore limitante è la velocità di produzione dei blocchi Replast.

Le fasi di pulitura, tracciamento, taglio blocchi e posa vengono svolte contemporaneamente, la pulitura viene svolta da *un operatore*, il tracciamento impiega *due operatori*, la fornitura dei materiali alle aree di utilizzo viene svolta da *due operatori*, il taglio dei pezzi speciali impiega *un operatore* e la posa dei blocchi impiega *quattro operatori*. Il tempo impiegato per la realizzazione delle chiusure perimetrali con blocchi Replast, condotta da due squadre operative è pari a **$14,4\text{ giorni}$** .

7.4.4.2 Calcolo del tempo di realizzazione di tamponamenti e Cobogò

Il tempo necessario per la realizzazione dei tamponamenti interni con mattoni forati ($12\times 18\times 33\text{ cm}$) e del Cobogò con mattoni forati ($18\times 18\times 33\text{ cm}$) considera le seguenti sottofasi:

- movimentazione;
- pulitura;

- tracciamento;
- preparazione della malta;
- taglio blocchi;
- posa blocchi.

La movimentazione viene svolta primariamente e solo dopo averla ultimata si potrà procedere alle fasi seguenti.

Dopo l'arrivo dell'autocarro in prossimità delle aree di cantiere di pertinenza degli edifici, per ciascuno di essi, *due operatori*, procedono allo scarico dei pallet dal mezzo contenente i mattoni ed altri *due operatori* si occupano dello scarico del mezzo contenente la malta, tramite transpallet, in seguito i materiali vengono trasportati verso le zone di stoccaggio; il tempo impiegato per la movimentazione è pari a **1,32 giorni**.

Le fasi di pulitura, tracciamento, taglio blocchi e posa vengono svolte contemporaneamente, la pulitura viene svolta da *un operatore*, il tracciamento impiega *due operatori*, la preparazione della malta di allettamento e la fornitura dei materiali alle aree di utilizzo poste a livello terreno e in quota viene svolta da *due operatori*, il taglio dei pezzi speciali impiega *un operatore* e la posa dei blocchi impiega *quattro operatori*.

Il tempo impiegato per la realizzazione dei tamponamenti interni e del Cobogò, condotta da due squadre operative è pari a **9,3 giorni**.

7.4.4.3 Calcolo del tempo di realizzazione dell'intonaco

Il tempo necessario per la posa dell'intonaco di fondo, rete CFRP ed intonaco di finitura considera le seguenti sotto fasi:

- movimentazione;

- pulitura;
- preparazione dell'intonaco di fondo;
- posa intonaco di fondo;
- posa della rete CFRP;
- preparazione dell'intonaco di finitura;
- posa dell'intonaco di finitura.

La movimentazione viene svolta primariamente e solo all'ultimazione della stessa si potrà procedere alle fasi seguenti.

Dopo che l'autocarro avrà raggiunto le aree di pertinenza degli edifici, per ciascuno di essi, *due operatori* procedono allo scarico dei pallet dal mezzo contenente i sacchi d'intonaco di fondo e finitura, ed altri *due operatori* si occupano dello scarico del mezzo contenente i rotoli di rete CFRP, tramite transpallet, in seguito i materiali vengono trasportati verso le zone di stoccaggio; considerando le contemporaneità, il tempo impiegato è pari a **4,45 ore**.

Le fasi di pulitura, preparazione dell'intonaco di fondo, posa dello stesso, posa della rete CFRP, preparazione dell'intonaco di finitura e posa dello stesso vengono svolte contemporaneamente, *un operatore* si occupa della pulitura, *due operatori* preparano l'impasto d'intonaco e si occupano della fornitura dello stesso e degli altri materiali alle aree di utilizzo, *quattro operatori* intonacatori si occupano della posa in opera dell'intonaco di fondo, rete CFRP e dell'intonaco di finitura.

Il tempo impiegato per la posa in opera dell'intonaco di fondo, rete di rinforzo CFRP ed intonaco di finitura, condotta da due squadre operative è pari a **35,7 giorni**.

7.4.5 Layout di cantiere

Con il termine layout di cantiere si intende la planimetria del cantiere con l'indicazione degli elementi necessari allo svolgimento delle lavorazioni. Si perviene all'elaborazione del layout dopo aver valutato una serie di fattori concomitanti, quali ad esempio esigenze spaziali, climatiche geomorfologiche, economiche e tecnico-organizzative.

7.4.5.1 Esempio layout di cantiere: Posa in opera blocchi Replast Edificio 2

Recinzioni

- 01_Recinzione di cantiere A, rete metallica zincata a 4 tubi con altezza minima consigliata non al di sotto di *2 m*, con moduli da *3,5 m*. Modulo fissato a terra su basi di calcestruzzo che garantiscono la stabilità; alla rete viene sovrapposto il telo che protegge con schermatura totale il cantiere dalla vista, considerata la prossimità alla scuola primaria "Francisco de Paula Brito";
- 02_Parapetto anticaduta, dotato di tavola fermapièda da *20 cm*, corrente intermedio con altezza massima di *70 cm* dal piano di calpestio e parapetto superiore con altezza pari a *1 m*.

Accessi

- 03_Accesso pedonale al cantiere 1, cancello di ingresso con larghezza minima *1,20 m*, che conduce al cantiere da Rua Dioneia;
- 04_Accesso pedonale al cantiere 2, cancello di ingresso con larghezza minima *1,20 m*, che conduce al cantiere fiancheggiando la scuola;

- 05_Accesso pedonale al cantiere 3, cancello di ingresso con larghezza minima *1,20 m*, che conduce al cantiere da Rua Samaritana, dall'alto tramite la scala.

Organizzazione del cantiere

- 06_Quadro elettrico, fornisce corrente alternata (220 V - 380 V), ed è interrato ad una profondità maggiore di *70 cm*;
- 07_Punto di adduzione acqua, l'impianto idrico è realizzato con tubi in pvc da *10 cm*, la rete è posizionata ad una profondità di circa *1 m*;
- 08_Area di stoccaggio 1, destinata all'accumulo temporaneo delle macerie;
- 09_Area di stoccaggio 2, destinata alla conservazione e posa temporanea dei blocchi, macchinari e attrezzature da cantiere, opportunamente coperta e riparata dalle intemperie;
- 10_Deposito DPI, cassone dove vengono depositati i dispositivi di protezione individuale che gli operatori indossano all'ingresso al cantiere;
- 11_Piattaforma di taglio pezzi speciali, è coperta da idonea tettoia di protezione ma posizionata all'aperto per evitare la propagazione di fumi e il rischio di infortuni durante il taglio dei blocchi;
- 12_Ponte su cavalletti, realizzato in acciaio presenta una larghezza dell'intavolato di *90 cm*, ottenuta disponendo 3 tavolati accostati (*dim. 30x400x5 cm*), ed un'altezza di (*1,60 - 1,10 m*), è dotato di controventi ma non di parapetto.

Misure preventive

Durante le lavorazioni si prescrive l'obbligo di indossare i DPI, consultare le schede di formazione in allegato come guida per svolgere i lavori nel modo corretto e in sicurezza.

- 1_Recinzione protettiva di tipo 1
- 2_Parapetto provvisorio anticaduta
- 3_Ingresso pedonale al cantiere 1
- 4_Ingresso pedonale al cantiere 2
- 5_Ingresso pedonale al cantiere 3
- 6_Allaccio alla rete elettrica
- 7_Allaccio alla rete idrica
- 8_Area di stoccaggio 1
- 9_Area di stoccaggio 2
- 10_Deposito DPI
- 11_Taglio pezzi speciali
- 12_Ponte su cavalletti PT
- 13_Scuola primaria Francisco de Paula Brito
- 14_Transpallet manuale

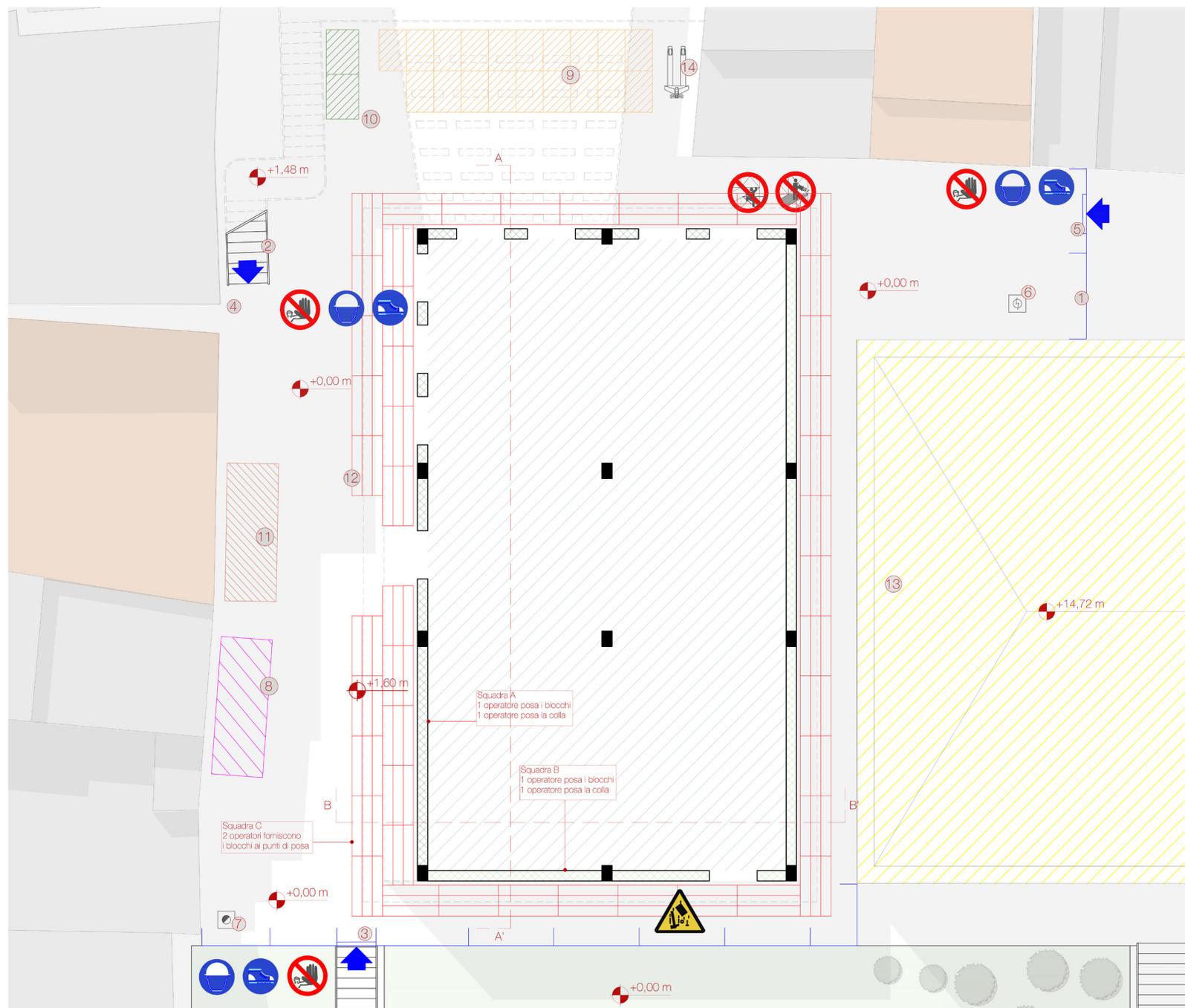


Figura 7.24 Layout di cantiere relativo al piano terreno dell'edificio 2, fase I posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva

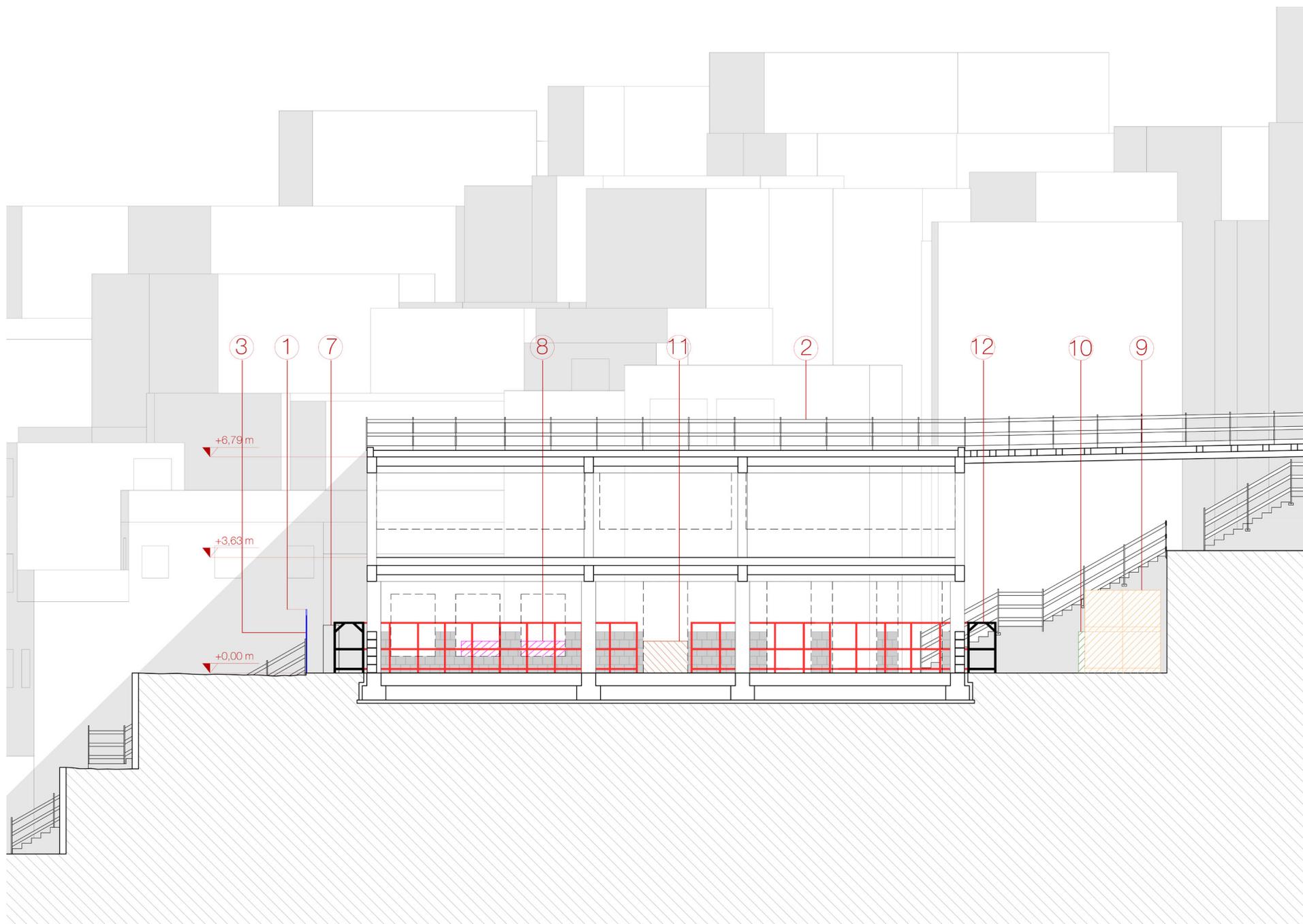


Figura 7.25 Sezione longitudinale dell'edificio 2, fase I di posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva fino al livello terreno

- 1_Recinzione protettiva di tipo 1
- 2_Parapetto provvisorio anticaduta
- 3_Ingresso pedonale al cantiere 1
- 4_Ingresso pedonale al cantiere 2
- 5_Ingresso pedonale al cantiere 3
- 6_Allaccio alla rete elettrica
- 7_Allaccio alla rete idrica
- 8_Area di stoccaggio 1
- 9_Area di stoccaggio 2
- 10_Deposito DPI
- 11_Taglio pezzi speciali
- 12_Ponte su cavalletti PT
- 13_Ponte su cavalletti P1
- 14_Transpallet manuale
- 15_Scuola primaria Francisco de Paula Brito

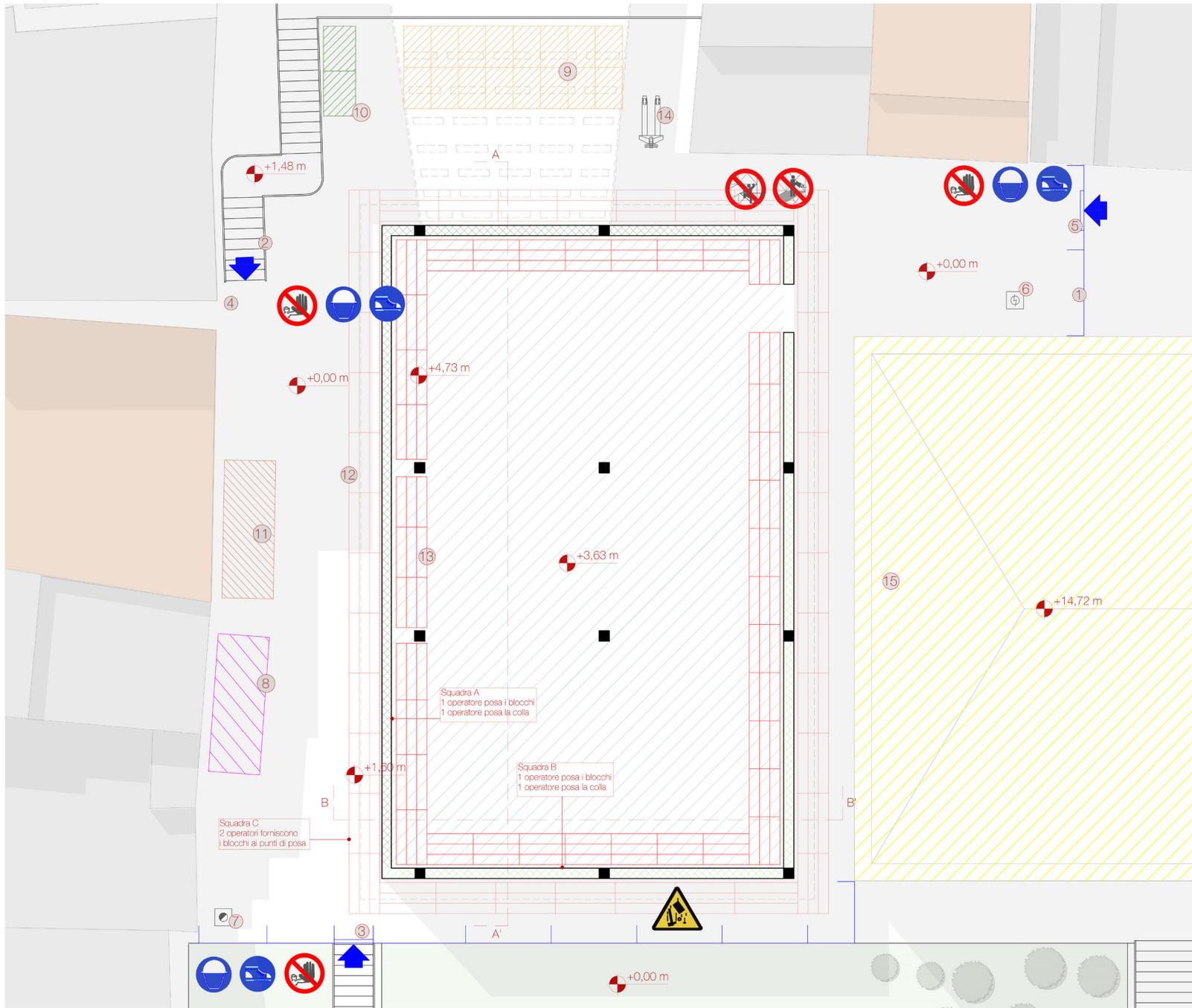


Figura 7.26 Layout di cantiere relativo al piano primo dell'edificio 2, fase I di posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva

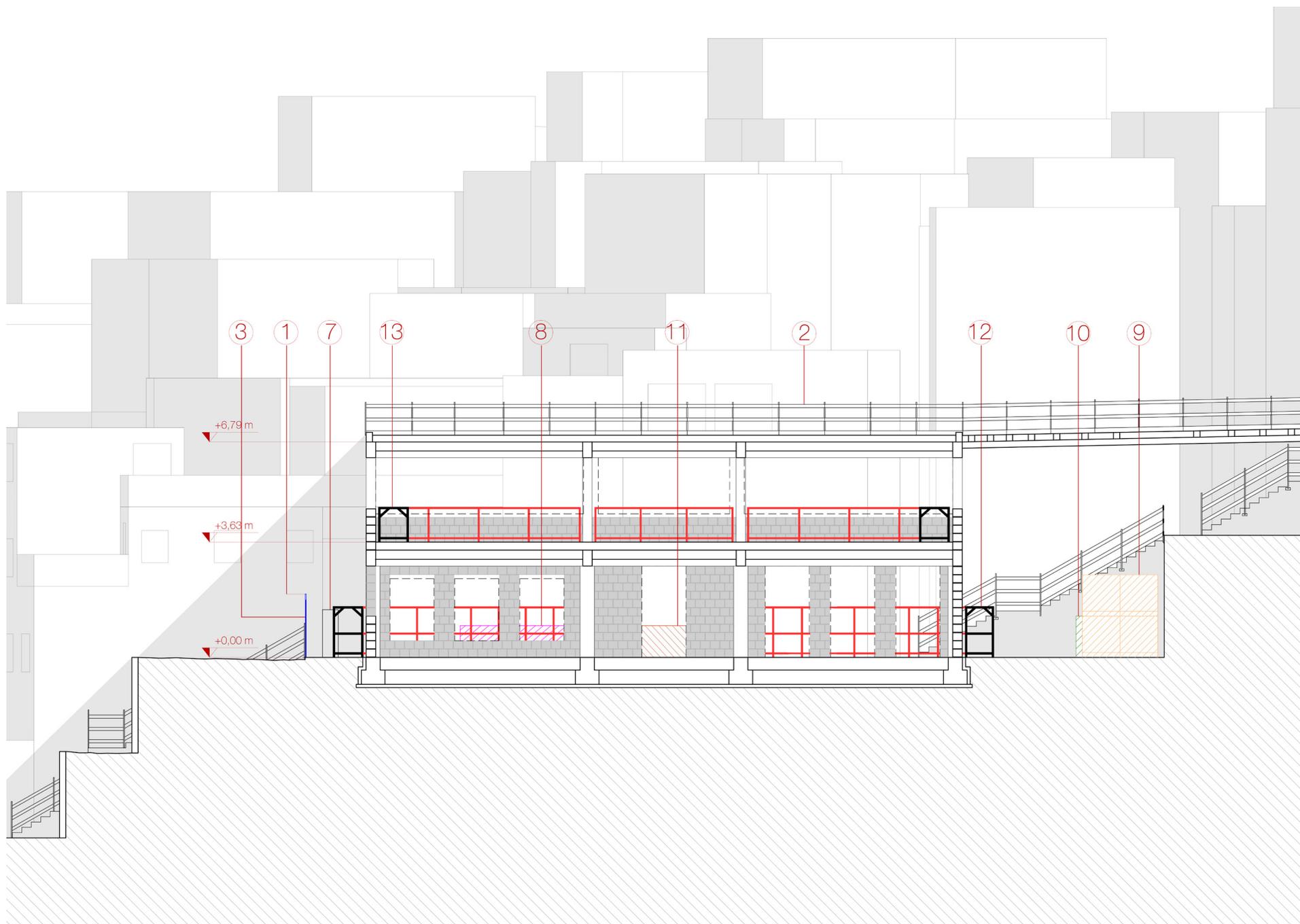


Figura 7.27 Sezione longitudinale dell'edificio 2, fase I di posa in opera dei blocchi riciclati Replast con colla adesiva fino al livello primo

7.5 Schede formative e di sicurezza per gli operatori

Nel paragrafo precedente è stato illustrato uno dei layout di cantiere, che rappresenta la fase di posa in opera dei blocchi Replast per l'edificio 2. Vediamo nel seguito, gli strumenti utilizzati per guidare gli operatori in cantiere, al fine di una corretta e sicura esecuzione delle opere in autocostruzione.

7.5.1 Struttura delle schede di formazione

Le schede di formazione sono strutturate in modo tale da offrire agli operatori che svolgono le lavorazioni in cantiere, una guida illustrata, chiara ed immediata delle procedure da compiere al fine di realizzare correttamente la lavorazione specifica. Le schede sono organizzate secondo lo schema seguente.

1) Rappresentazione grafica delle fasi principali della lavorazione

Il fatto di dover rappresentare un riferimento per operatori poco esperti, che, per le attività in autocostruzione, vengono selezionati all'interno della comunità, spesso senza una profonda preparazione o conoscenza del cantiere e delle complessità e pericoli che lo riguardano, porta alla necessità di fornire alle schede di formazione un ulteriore elemento di chiarezza ossia la presenza di illustrazioni che rappresentano la sintesi delle fasi più rappresentative della lavorazione da svolgere, tale approccio facilita la comprensione delle dinamiche che si verificheranno nel cantiere e predispone gli operatori ad una maggiore consapevolezza circa il ruolo che andranno a

svolgere, riducendo il rischio di infortuni e favorendo l'applicazione dei principi di sicurezza necessari all'esperimento delle attività di cantiere.

Le illustrazioni, che occupano l'intera parte sinistra della scheda di formazione, sono accompagnate da una breve descrizione.

2) Descrizione dettagliata della specifica lavorazione

Nella scheda di formazione trova spazio una descrizione dettagliata della lavorazione, con particolare riferimento alle metodologie operative, al numero di operatori necessari che sono coinvolti, alla tipologia di attrezzature, macchinari e opere provvisorie che devono essere utilizzati per l'esecuzione della lavorazione, oltre alla descrizione di vincoli, limiti spaziali, prossimità e pericoli che il cantiere pone.

Tutte le operazioni vengono riportate ponendo al centro la sicurezza degli operatori.

3) Rischi specifici della lavorazione

La terza parte contenuta all'interno delle schede di formazione prevede l'elenco dei rischi, riferiti alla specifica lavorazione cui la scheda si riferisce, al fine di rilevare il maggior numero di pericoli che ogni azione può comportare per la salute degli operatori in cantiere; inoltre i rischi possono essere direttamente connessi con la lavorazione che si sta svolgendo, ma possono anche essere indiretti, per esempio a causa di una vicinanza spaziale delle squadre operative, con altre aree pericolose, oppure a causa di macchinari o attrezzature poste nelle vicinanze ed

utilizzate in altre attività da altri operatori che possano cagionare un danno per l'attività che si sta svolgendo per la quale vanno presi i giusti accorgimenti per ridurli al minimo.

4) Prescrizioni di sicurezza per minimizzare i rischi di cantiere

L'obiettivo principale delle schede di sicurezza e formazione è quello di identificare i rischi che ogni lavorazione presenta per il cantiere in esame e porre rimedi adeguati, dal punto di vista della sicurezza, che possano ridurre l'impatto negativo.

Secondo tale obiettivo, vi è una connessione diretta tra la lista dei rischi specifici che ciascuna fase di lavorazione comporta, è l'elenco delle prescrizioni di sicurezza che si possono mettere in atto per ridurre l'incidenza sugli operatori e sul cantiere; ciascuna tipologia di rischio viene associata, tramite una lettera di riferimento, alle relative prescrizioni di sicurezza adottabili per porre rimedio preservando l'incolumità degli operatori e garantendo che le lavorazioni procedano nel modo migliore, per garantire il rispetto dei criteri di qualità attesi.

5) Elenco dei DPI che devono essere adottati per garantire la sicurezza

I DPI conosciuti come dispositivi per la protezione individuale degli operatori, sono fondamentali per garantire la sicurezza in cantiere. Ogni DPI è specifico per ciascuna particolare situazione di cantiere che presenti un rischio per l'operatore; nella parte finale della scheda di formazione; ciascuna tipologia di rischio viene associata, tramite una

lettera di riferimento, ai DPI adottabili per farvi fronte preservando l'incolumità degli operatori.

Le schede di formazione sono pensate per essere affisse in cantiere, in prossimità delle zone di lavoro, al fine di indirizzare al meglio le lavorazioni; nella parte inferiore del formato della scheda di formazione vengono apposti i simboli rappresentativi dei DPI che si consiglia di indossare per ciascuna lavorazione.

7.5.1.1 Scheda di formazione A, la movimentazione manuale

Introduzione

La scorretta movimentazione manuale dei carichi provoca alterazioni dell'equilibrio statico, con modificazione delle curve fisiologiche della colonna vertebrale causando: dolore acuto alla schiena, lombalgie dovute alla postura scorretta, lombalgie dovute alla movimentazione dei carichi, anche il tronco può subire danni, in particolare da movimenti di torsione o rotazione effettuati per lo spostamento dei carichi. In particolare quando si parla di movimentazione dei carichi bisogna attenzionare i seguenti aspetti: caratteristiche del carico, sforzo fisico che viene richiesto, caratteristiche dell'ambiente di lavoro, esigenze connesse all'attività, fattori individuali di rischio. I carichi ammissibili sono:
adulti (+ di 18 anni) carico fino a 25 Kg;
adolescenti (15-18 anni) carico fino a 20 Kg;
bambini (di 15 anni) carico fino a 10 Kg.

Se esaminiamo le *caratteristiche del carico*, esso può costituire un rischio di patologie

dorso-lombari da sovraccarico nei casi di carico troppo pesante, ingombrante o difficile da afferrare, in equilibrio instabile o con contenuto spostabile, collocato in posizione tale da dover essere tenuto a una certa distanza dal tronco o con sua inclinazione. Valutando lo *sforzo fisico richiesto* vi possono essere problemi dorso - lombari nel caso in cui lo sforzo sia eccessivo, venga effettuato bruscamente con movimento di torsione del tronco, venga compiuto dal corpo in posizione instabile.

Analizzando l'*ambiente di lavoro* le possibilità di infortunio possono aumentare se lo spazio libero è insufficiente per lo svolgimento dell'attività richiesta, il pavimento è ineguale con rischi di inciampo o l'ambiente di lavoro non consente al lavoratore la movimentazione manuale dei carichi a un'altezza ergonomica, il pavimento o il piano di lavoro presenta dislivelli che impongono la manipolazione del carico a livelli diversi, il pavimento o il punto di appoggio sono instabili, la temperatura, l'umidità, la ventilazione sono inadeguate.

Tra i rischi prodotti dalle *esigenze connesse all'attività* si hanno sforzi troppo frequenti o prolungati che non permettono al lavoratore le pause necessarie, distanze di sollevamento troppo grandi, ritmo imposto da un processo che non incontra il benessere e le esigenze fisiche di ciascun lavoratore.

Tra i *fattori individuali di rischio* ricordiamo l'inidoneità fisica a svolgere un certo compito per genere o età, indumenti, calzature inadeguati indossati al momento della lavorazione,

o insufficienza nelle competenze.

Descrizione delle fasi di lavorazione

Per una corretta movimentazione evitare la flessione del rachide, puntando sempre al massimo equilibrio, evitare di sottoporre la colonna vertebrale ed il resto del corpo a tensioni meccaniche nocive. I **blocchi Replast** prodotti dalla macchina nella zona A, per l'edificio 3, vengono caricati su autocarro con cassone aperto, per l'avvicinamento alla zona di cantiere (*zona B*), la **fase I** prevede lo scarico del mezzo (vedi Figura 33.8) tramite idoneo transpallet, e l'invio dei materiali, con l'aiuto di un sistema di montacarichi, alle zone di stoccaggio di pertinenza.

Per l'edificio 2 i blocchi prodotti dalla macchina in zona A, pervengono all'area di cantiere (*zona C*), tramite autocarro con cassone aperto, da qui si ha lo scarico del mezzo con le stesse modalità di cui sopra, portandoli alle aree di stoccaggio dell'edificio 2, la movimentazione impegna quattro operatori su dieci disponibili.

La **fase II** prevede la movimentazione manuale dei blocchi, per effettuarla è necessario posizionarsi vicino al carico, fiancheggiare su due lati il blocco in posizione laterale alla direzione di spostamento e con i piedi su base stabile e leggermente divaricati, circondarlo parzialmente (vedi Figura 33.9).

Tale metodologia permette di ridurre i rischi di squilibrio avvicinando il centro di gravità corporeo a quello del carico, flettendo le anche e le ginocchia e non la colonna; la **fase III** prevede di tendere i muscoli della schiena ed afferrare il carico con presa sicura prima di

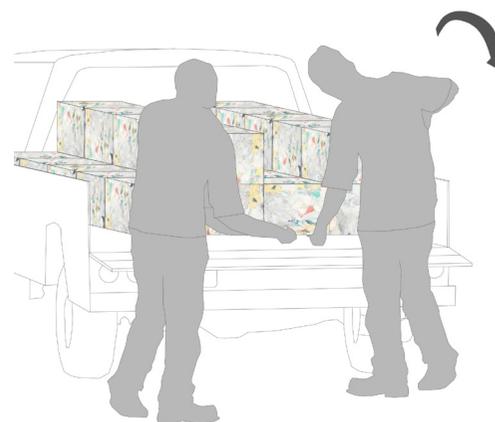


Figura 7.28 Illustrazione dello scarico dei blocchi Replast, fase I

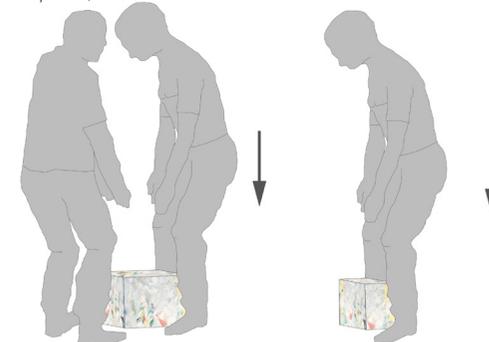


Figura 7.29 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase II

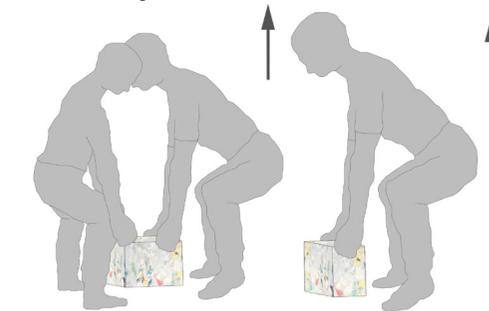


Figura 7.30 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase III

procedere al suo sollevamento, mantenendo dritta la schiena (vedi Figura 34.0).

In **fase IV** portare l'oggetto verso se stessi sollevandosi e tendendo le gambe facendo attenzione ad effettuare movimenti lenti e senza strappi con sinergia tra i due operatori che si distribuiscono equamente il peso (vedi Figura 34.1).

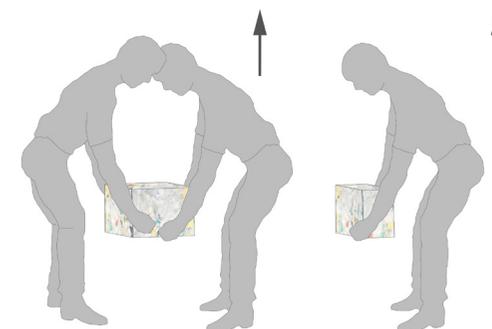


Figura 7.31 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase IV

La **fase V** prevede lo spostamento coordinato dell'oggetto verso le destinazioni, procedendo lentamente e senza scatti, dopo aver accertato, l'assenza di ostacoli che possano cagionare danno (vedi Figura 34.2).

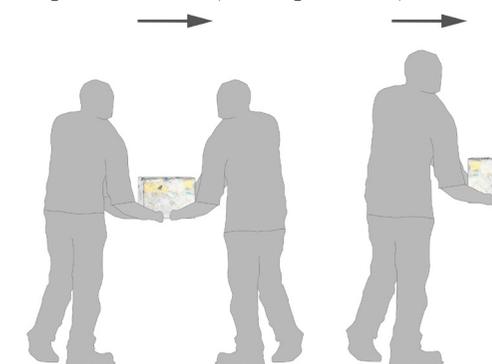


Figura 7.32 Illustrazione movimentazione dei blocchi interi e tagliati, fase V

Per l'edificio 3 i **mattoni forati di tipo 1** con dim. (0,18x0,18x0,33) m utilizzati per il Cobogò e i **mattoni forati di tipo 2** (0,12x0,18x0,33) m utilizzati per i tamponamenti interni, pervengono all'area di cantiere (zona B), tramite autocarro con cassone aperto, la **fase I** prevede lo scarico dei materiali dal mezzo (vedi Figura 34.3) tramite transpallet, e l'invio dei materiali, con l'ausilio di montacarichi, alle aree di stoccaggio.

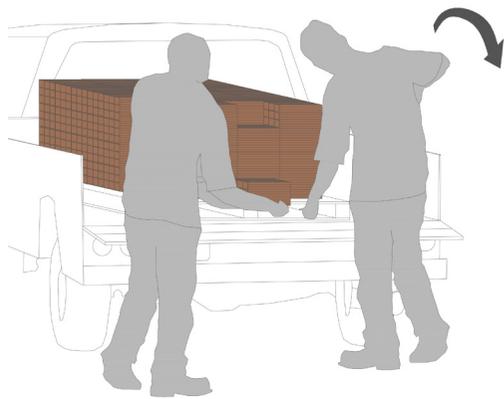


Figura 7.33 Illustrazione dello scarico dei mattoni forati, fase I

Per l'edificio 2 i materiali pervengono all'area di cantiere (zona C), tramite autocarro con cassone aperto, da qui si ha lo scarico del mezzo con le stesse modalità di cui sopra, portandoli alle aree di stoccaggio dell'edificio 2, l'attività impegna quattro operatori su dieci disponibili.

La **fase II** prevede la movimentazione manuale dei mattoni, per effettuarla è necessario posizionarsi vicino al carico, in posizione frontale alla direzione di spostamento e con i piedi su base stabile e leggermente divaricati, circondarlo parzialmente (vedi Figura 34.4).

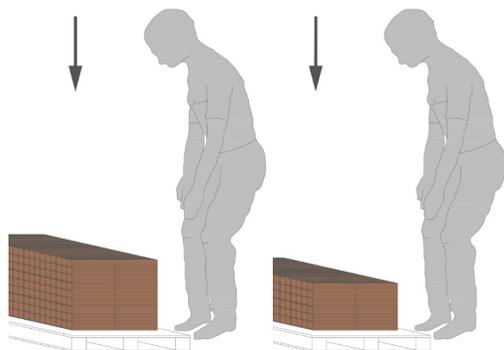


Figura 7.34 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase II

La **fase III** prevede di tendere i muscoli della schiena ed afferrare il carico con presa sicura prima di procedere al suo graduale sollevamento, mantenendo dritta la schiena per tutta la durata della movimentazione (vedi Figura 34.5).

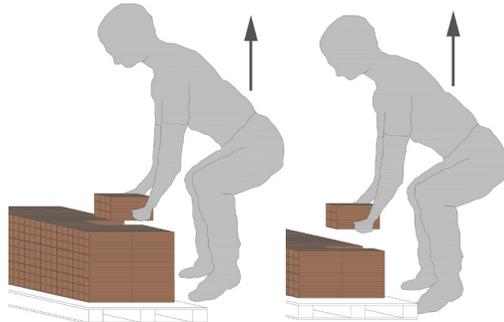


Figura 7.35 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase III

In **fase IV** portare l'oggetto verso se stessi sollevandosi e tendendo le gambe facendo attenzione ad effettuare movimenti lenti e senza strappi distribuendo tra le due gambe il peso da sollevare (vedi Figura 34.6). La **fase V** prevede lo spostamento del mattone forato verso le destinazioni, procedendo lentamente e senza scatti, dopo aver accer-

tato, l'assenza di ostacoli che possano cagionare danni durante le operazioni di movimentazione (vedi Figura 34.7).

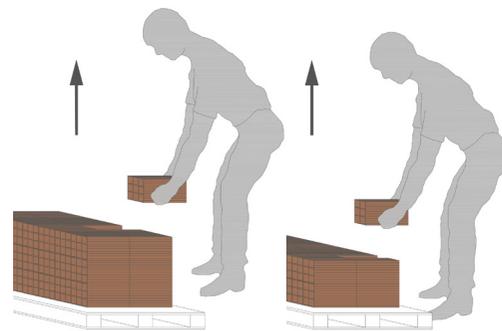


Figura 7.36 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase IV

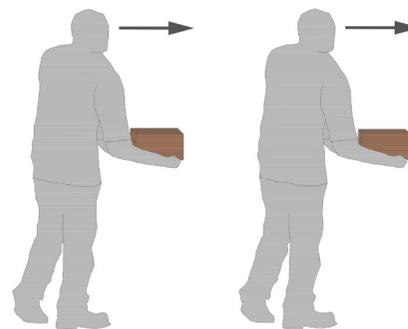


Figura 7.37 Illustrazione movimentazione dei mattoni forati di tipo 1 e di tipo 2, fase V

I **sacchi di malta (25 Kg)**, **intonaco (25 Kg)** ed i contenitori per la **colla adesiva (23 l)**, per l'applicazione all'edificio 3, raggiungono l'area di cantiere (zona B), tramite autocarro con cassone aperto, la **fase I** prevede lo scarico dei sacchi dal mezzo (vedi Figura 34.8) tramite idoneo transpallet, e l'invio dei materiali, con l'ausilio di un sistema di montacarichi, alle zone di stoccaggio di pertinenza.

Per l'edificio 2, i materiali che sono stati descritti in precedenza, pervengono all'area di cantiere (zona C), tramite autocarro con cassone aperto, da qui si ha lo scarico del mezzo con le stesse modalità di cui sopra, portandoli alle aree di stoccaggio di pertinenza dell'edificio 2, l'attività impegna quattro operatori su dieci disponibili.



Figura 7.38 Illustrazione dello scarico dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase I

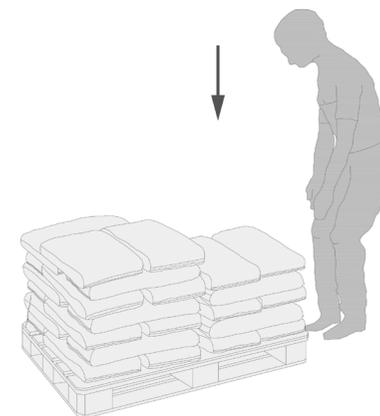


Figura 7.39 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase II

La **fase II** prevede la movimentazione manuale dei materiali, per effettuarla è necessario posizionarsi vicino al sacco, in posizione frontale alla direzione di spostamento e con i piedi su base stabile e leggermente divaricati, circondarlo parzialmente (vedi Figura 34.9). La **fase III** prevede di tendere i muscoli della schiena ed afferrare il carico con presa sicura prima di procedere al suo graduale sollevamento, mantenendo dritta la schiena per tutta la durata della movimentazione (vedi Figura 35.0).

In **fase IV** portare l'oggetto verso se stessi sollevandosi e tendendo le gambe facendo attenzione ad effettuare movimenti lenti e senza strappi distribuendo tra le due gambe il peso da sollevare (vedi Figura 35.1).

La **fase V** prevede lo spostamento coordinato dell'oggetto verso le destinazioni, procedendo lentamente e senza scatti, dopo aver accertato, mediante accurata ispezione, l'assenza di ostacoli che possano cagionare danno per gli operatori o rallentamenti nelle fasi di movimentazione (vedi Figura 35.2).

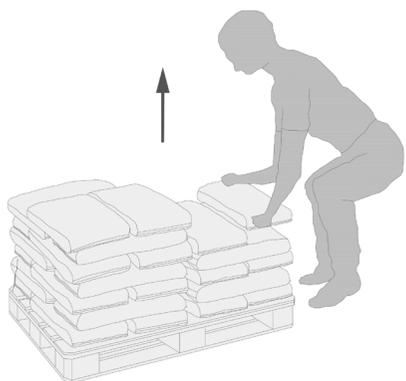


Figura 7.40 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase III

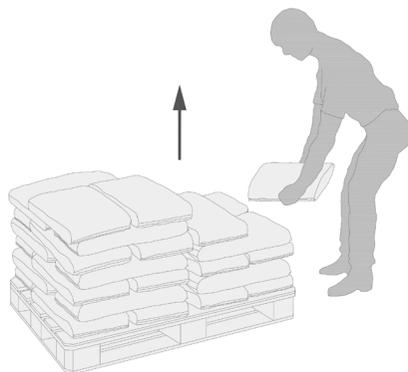


Figura 7.41 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase IV

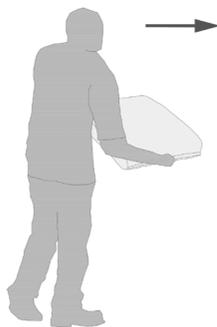


Figura 7.42 Illustrazione movimentazione dei sacchi di malta, intonaco e colla adesiva, fase V

Rischi specifici

Tra i rischi connessi con la movimentazione dei materiali abbiamo i seguenti.

- A** Problemi al sistema muscolo scheletrico;
- B** Urti, impatti, colpi, compressioni, schiacciamenti, ribaltamenti, scivolamenti;
- C** Investimento.

Prescrizioni di sicurezza da adottare per minimizzare i rischi specifici

- 1A** Anche se il carico è leggero è meglio

effettuare più volte il tragitto con un carico minore che fare meno tragitto con carichi più pesanti;

2A Se ci si trova alle prese con carichi simmetrici, è opportuno prenderne uno per lato, inflettendo leggermente le gambe, in modo da dividere equamente il peso;

3A Nello spostamento di oggetti, non si deve ruotare solo il tronco ma la rotazione deve interessare tutto il corpo;

4A Nel posizionamento di oggetti in alto evitare di inarcare la schiena e utilizzare sgabelli o scalette che possano preservare una posizione dritta della schiena;

5A Nella movimentazione dei blocchi Replast prevedere l'azione congiunta di due operatori secondo le regole di cui sopra;

6A La movimentazione dei sacchi di malta, intonaco, colla e mattoni forati può essere condotta da operatore singolo secondo le regole di cui sopra;

7A Non superare mai i limiti di peso indicati per non pregiudicare la salute degli addetti;

1B Prima di iniziare la movimentazione segnalare dislivelli o ostacoli presenti lungo il percorso e provvedere a eliminarli o ridurli per quanto possibile;

2B Non indossare capi di vestiario con parti slacciate o sporgenti che possano rimanere agganciate e provocare urti o cadute;

3B In presenza di varchi e aperture, utilizzare idoneo parapetto anticaduta per garantire la sicurezza degli addetti durante le operazioni di movimentazione;

4B Nelle operazioni di movimentazione congiunta assicurarsi di procedere con maggiore attenzione e lentezza, evitando strappi o scatti che possano provocare la caduta degli oggetti che si stanno trasportando con

rischi per la salute degli addetti;

1C Durante le operazioni di carico e scarico il motore dell'autocarro deve essere spento;

2C In prossimità delle aree di scarico dell'autocarro procedere a passo d'uomo per ridurre il rischio di investimento degli addetti;

3C E' severamente vietato trasportare operai sui cassoni dell'automezzo, caricare il mezzo oltre la portata massima e caricare materiale per un'altezza maggiore dell'altezza delle sponde del mezzo;

4C Durante ogni manovra effettuata in prossimità dell'area, l'autista del mezzo dovrà attivare i lampeggiatori di emergenza e di direzione, sia luminosi che sonori.

DPI

AB Guanti protettivi

B Tuta protettiva

BC Scarpe antinfortunistiche



7.5.1.2 Scheda di formazione B, preparazione di malta e intonaco

Introduzione

La lavorazione d'impasto dei leganti viene svolta in cantiere tramite betoniera manuale a bicchiere con capacità di circa 300 l; il bicchiere ruota sul proprio asse ed è inclinabile lateralmente, rispetto al volante, per le operazioni di carico e scarico dei materiali. L'inclinazione laterale fino allo svuotamento del bicchiere dall'impasto avviene tramite il volante. Tutti gli organi destinati a trasmettere il movimento devono essere protetti contro il contatto con protezioni fisse (*carter*) asportabili solo con l'uso di attrezzi e non devono essere manomesse.

Gli organi di comando sono costituiti dai comandi per il funzionamento del motore (avviamento, arresto ed eventuale arresto d'emergenza) e dal volante per il ribaltamento del bicchiere interconnesso con il sistema di blocco azionabile mediante pedale. Il volante permette di regolare l'inclinazione del bicchiere per le operazioni di carico di malta e intonaco e lo scarico dell'impasto a fine miscelazione; l'eventuale pedale consente lo sblocco del volante per il suo azionamento.

L'attività di preparazione dell'impasto dovrà essere realizzata all'aperto, in modo da evitare la propagazione di fumi negli spazi interni; dopo aver scelto una collocazione adeguata, piana e priva di avvallamenti o dislivelli e aver verificato che le condizioni di temperatura siano comprese tra +5° e +30° per una corretta presa, si procede all'immissione, all'interno del bicchiere della betoniera, del contenuto dei sacchi, in questa fase il bicchiere della betoniera deve essere fermo.

Dopo aver inserito i materiali in polvere si procederà all'inserimento nel bicchiere dell'acqua d'impasto in proporzione alle quantità di malta e intonaco prescelti, mescolando il tutto aiutandosi con attrezzature manuali come badili in legno e cazzuole al fine di rimuovere i grumi e migliorare l'omogeneità dell'impasto, con un tempo di vita di circa 1 ora, generalmente il quantitativo d'acqua da inserire per ottenere un buon impasto è di 6,5-7 l per sacco (25Kg).

La fase conclusiva prevede l'arresto della rotazione del bicchiere con sversamento dell'impasto in apposita carriola su ruota e successivo trasporto dell'impasto alle zone di applicazione designate per la posa, il riempimento di cassette per impasto e secchi consentirà una veloce applicazione alle aree di utilizzo; la posa verrà effettuata facendo riferimento alle schede di formazione.

Descrizione delle fasi di lavorazione

La **malta premiscelata** in polvere e l'**intonaco** vengono approvigionati al cantiere tramite autocarro con cassone aperto in sacchi da 25 Kg.

La **fase I** prevede il montaggio della betoniera, avendo cura di effettuare le operazioni a motore spento, secondo le seguenti fasi. Innesto del manico tubolare al motore a scoppio, mediante il serraggio dell'asola metallica con dadi e viti (1), fissaggio delle ruote in gomma, progettate per garantire la massima aderenza anche ai terreni scivolosi o sconnessi (2), montaggio della corona di ribaltamento che facilita le operazioni di svuotamento del bicchiere (3), fissaggio del

bicchiere della betoniera, disponendo la betoniera a terra dalla parte dell'imboccatura del tamburo (4), inserimento corretto dei sistemi di fissaggio (5), innesto, tramite bulloni dotati di dado e controdado, delle gambe di sostegno del supporto della betoniera (6), aggancio del tubolare metallico di testa del supporto alla base della betoniera che garantisce una base stabile per lavorare in sicurezza (7) (vedi Figura 35.3).

Importante durante l'uso della betoniera l'allontanamento delle persone non autorizzate, la rimozione degli ostacoli, garantire la perpendicolarità della macchina rispetto al terreno, controllare le protezioni, sostituire gli elementi danneggiati, non trasportare la betoniera a motore acceso, collocare la postazione di lavoro in ambiente coperto dagli agenti atmosferici ma aperto e ventilato, al fine di garantire la fuoriuscita dei gas di scarico prodotti dal motore.

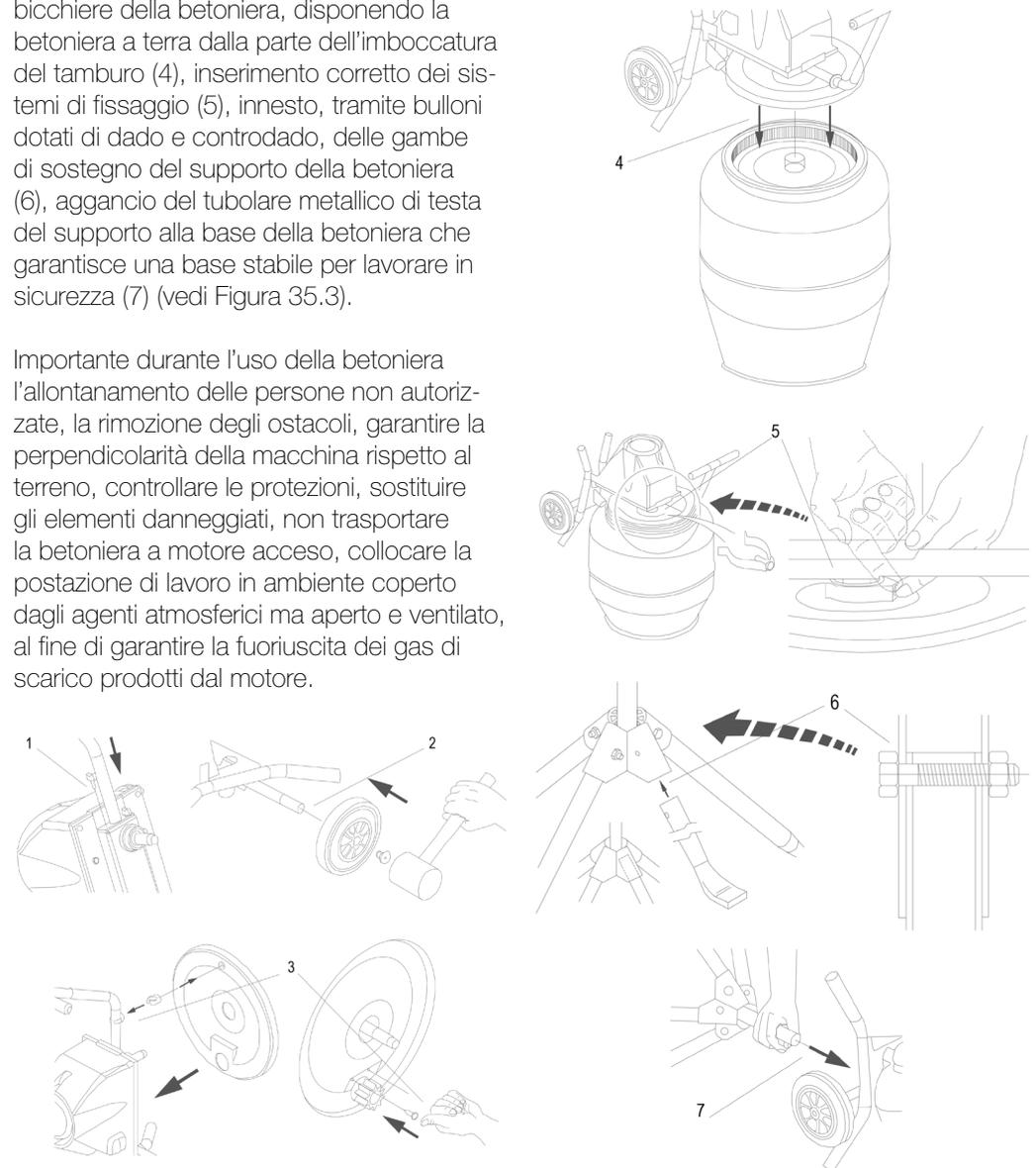


Figura 7.43 Illustrazione delle fasi di montaggio della betoniera a bicchiere manuale, fase I

La **fase II** prevede l'immissione, all'interno del bicchiere della betoniera, della malta premiscelata ad aderenza maggiorata o della polvere d'intonaco, in questa fase il bicchiere deve essere fermo (vedi Figura 35.4-5).



Figura 7.44 Illustrazione della movimentazione del materiale verso la betoniera, fase II

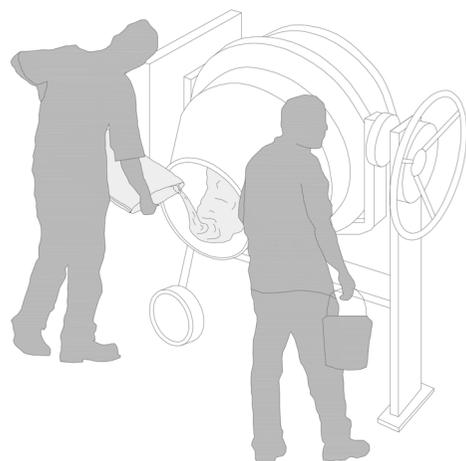


Figura 7.45 Illustrazione dell'immissione della malta o intonaco all'interno della betoniera, fase II

Nella **fase III** dopo l'immissione in betoniera dei leganti, si procede all'inserimento nel bicchiere dell'acqua d'impasto nelle proporzioni prescelte, aiutandosi con attrezzature manuali come badili in legno e cazzuole (vedi Figura 35.6).

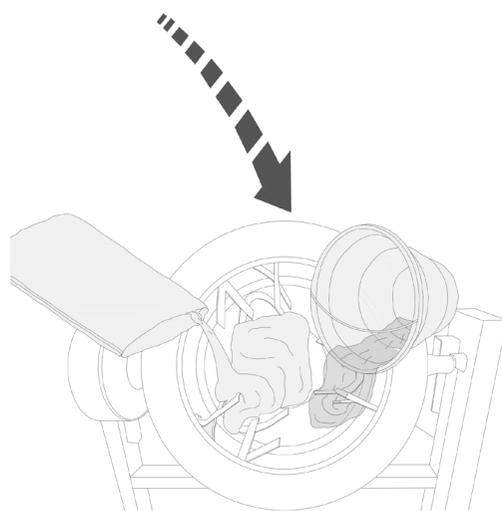


Figura 7.46 Illustrazione dell'immissione della malta o intonaco all'interno della betoniera, fase III

La **fase IV** riguarda il processo di preparazione dell'impasto all'interno del bicchiere, dopo aver messo in sicurezza l'area e aver verificato che tutti i dispositivi ed i sistemi di protezione siano correttamente funzionanti, si procede all'azionamento della betoniera con rotazione del bicchiere. Il tempo di rotazione del bicchiere considerato dal momento in cui viene inserita l'acqua non deve eccedere i *3 minuti*. I corretti dosaggi e modalità di preparazione garantiscono la buona riuscita del prodotto finale, evitare di introdurre il materiale nella betoniera in un'unica soluzione, riempire progressivamente il tamburo per evitare che l'impasto aderisca alla parte posteriore

e si renda necessario l'arresto della macchina per la rimozione (vedi Figura 35.7).

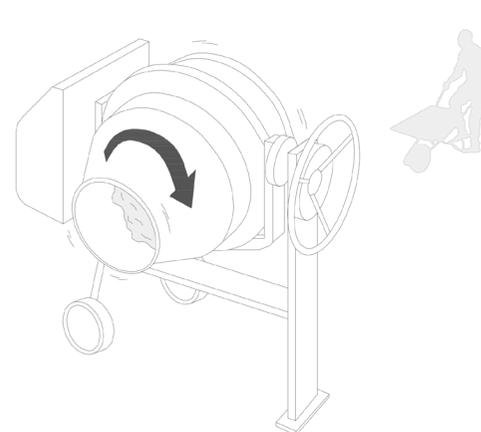


Figura 7.47 Illustrazione della preparazione dell'impasto con rotazione del bicchiere, fase IV

Nella **fase V** trascorso il tempo di impasto prefissato, si attende l'arresto del bicchiere, successivamente, dopo aver controllato la consistenza del prodotto finale, si procede allo sversamento dell'impasto in apposita carriola su ruota gommata collocata in corrispondenza del bicchiere e successivo avvicinamento dell'impasto alle aree designate per l'utilizzo (vedi Figura 35.8).

Prima del rimessaggio controllare il funzionamento del mezzo e segnalare eventuali anomalie occorse, successivamente pulire sfregando ed eliminando qualsiasi materiale estraneo. L'introduzione di ghiaia all'interno del tamburo e lavaggio con acqua pulita, permettono di sciagquare il mezzo salvaguardandone il funzionamento (vedi Figura 35.9). Le operazioni di preparazione dell'impasto impegnano due operatori su dieci disponibili.

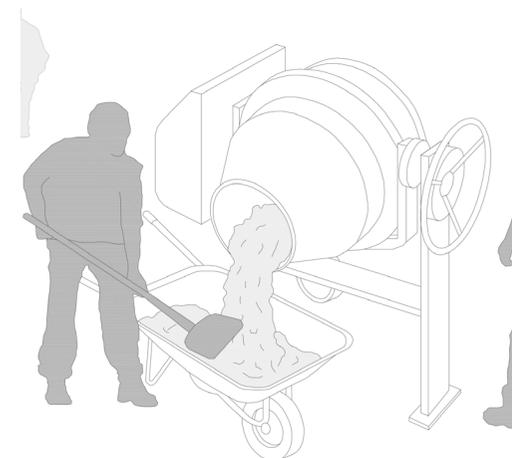


Figura 7.48 Illustrazione dello sversamento dell'impasto dal bicchiere della betoniera, fase V

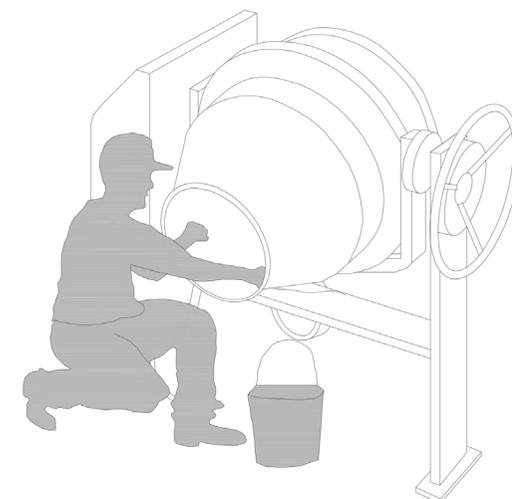


Figura 7.49 Illustrazione delle operazioni di pulizia, fase V

7.5.1.3 Scheda di formazione C, tracciamento e posa di blocchi e mattoni

Rischi specifici

Tra i rischi connessi con la movimentazione dei materiali abbiamo i seguenti.

- A** Problemi al sistema muscolo scheletrico;
- B** Rumore;
- C** Irritazioni cutanee, allergie, dermatiti;
- D** Agenti chimici;
- E** Inalazione polveri, vapori, gas di scarico;
- F** Caduta dall'alto.

Prescrizioni di sicurezza da adottare per minimizzare i rischi specifici

- 1A** Evitare il trasporto dei sacchi coprendo distanze eccessive che possano pregiudicare la salute degli operatori;
- 2A** Controllare il livellamento del pavimento e l'assenza di dislivelli o pozze d'acqua che possano provocare scivolamenti o cadute;
- 3A** Dotare le zone di stoccaggio di spazio sufficiente allo svolgimento in sicurezza della movimentazione che viene effettuata inflettendo le gambe e mai la schiena;
- 1B** Per le situazioni di rumore molto elevato, al punto da provocare fastidio, lubrificare i componenti meccanici critici della macchina;
- 2B** Utilizzare la betoniera in ambiente aperto riduce la pressione sonora a *75-80 dB* riducendo i rischi per la salute degli operatori;
- 1C** Evitare il contatto della polvere di malta e intonaco e degli impasti con la pelle, in caso di contatto risciacquare abbondantemente;
- 2C** Evitare il contatto prolungato soprattutto nelle fasi a maggior produzione di polveri volatili, pianificando pause nelle lavorazioni;
- 1D** La composizione dei preparati presenta agenti chimici che richiedono l'allontanamento degli addetti privi di idonei DPI;
- 1E** Gli agenti chimici che compongono la polvere di intonaco e le malte in genere non

devono essere inalate, se inevitabile pianificare pause frequenti;

- 2E** L'utilizzo di betoniera e argano a motore, impone di effettuare le lavorazioni all'aperto e in ambienti ventilati per quanto possibile, al fine di minimizzare l'impatto degli scarichi nocivi;
- 1F** I ponti non devono essere spostati quando su di essi si trovano lavoratori o carichi;
- 2F** I piedi dei cavalletti devono essere irrigiditi da tiranti normali e diagonali e poggiare su un piano di posa solido e ben livellato;
- 3F** Il carico sul ponteggio deve essere ben distribuito in funzione della portata massima dello stesso, evitando di comporre cataste di materiali in quota;
- 4F** Sull'impalcato tenere solo il materiale strettamente necessario all'immediato utilizzo per consentire il movimento in sicurezza degli addetti;
- 5F** Evitare di utilizzare i ponti su cavalletti su impalcati di ponteggi esterni.

DPI

- ACD** Guanti protettivi;
- B** Otoprotettori;
- CD** Tuta di protezione;
- CD** Occhiali di protezione;
- DE** Maschera protettiva;
- F** Casco protettivo;
- F** Sistemi di trattenuta.



Introduzione

Le operazioni di posa in opera dei blocchi Replast e dei mattoni forati in laterizio, sono anticipate dalla pulitura preliminare, tale attività, effettuata da un operatore, riguarda il piano di posa della futura muratura con rimozione della vegetazione infestante, polveri e altri oggetti che possano alterare la planarità del piano, tramite rastrelli e troncatrici, in fase di posa invece si effettua la pulitura e bagnatura dei blocchi, al fine di garantire la stabilità dimensionale degli elementi e limitare il ritiro delle malte riducendo il rischio di formazione di fessure.

Successivamente le operazioni di tracciamento consentono di riportare sul terreno i punti di riferimento dell'opera da realizzare, in questa fase è importante porre attenzione alla spaziatura delle aperture del muro, se eccessiva, potrebbe compromettere la stabilità e resistenza del futuro paramento murario.

A questo punto è possibile procedere con le operazioni di posa dei blocchi, in collaborazione con gli impastatori, si inizia la posa del primo corso di blocchi, procedendo con gradualità fino al completamento degli stessi; quando l'altezza di posa diventa elevata e la lavorazione non può più essere svolta dal livello terreno, si procede al montaggio ed uso di idoneo ponte su cavalletti, che consente di ultimare la realizzazione del paramento murario.

Ultimate le lavorazioni si procede alla pulitura delle superfici di lavoro, attrezzature e macchinari, smaltimento idoneo dei materiali di scarto, smontaggio del ponte su cavalletti e smobilizzo del cantiere.

Descrizione delle fasi di lavorazione

Prima dell'inizio delle operazioni di posa, nella **fase I** un operatore prepara il piano di posa della futura muratura attuando le operazioni di pulitura preliminare (vedi Figura 36.0).



Figura 7.50 Illustrazione delle fasi di pulitura del piano di posa della muratura, fase I



Figura 7.51 Illustrazione delle fasi di tracciamento del piano di posa della futura muratura, fase II

La **fase II** riguarda le operazioni di tracciamento, questa attività viene svolta da due operatori che collocano agli estremi della muratura da realizzare e in corrispondenza dei pilastri, uno steccato perimetrale sul

quale si fissa il filo a piombo che serve per materializzare la verticale del muro e il filo orizzontale che, muovendosi in alzato con il procedere della costruzione lungo i piedritti dei calandri secondo il modulo del blocco da disporre, materializza l'orizzontale della muratura che verrà realizzata (vedi Figura 36.1).

In seguito nella **fase III** può avere inizio la posa dei **blocchi Replast**, inizialmente a secco senza colla viene posato da due operatori, il primo corso di blocchi al fine di verificarne la posizione e la quantità necessaria, lasciando uno spazio pari al giunto di colla adesiva (0,5 cm); terminata questa verifica, possono iniziare le operazioni di posa vera e propria, in questa fase un operatore si occupa della posa della colla adesiva tramite cazzuola (vedi Figura 36.2), gettando due fasce parallele ai lati lunghi del blocco e rimuovendo qualsiasi eccesso di materiale, altri due operatori forniscono il blocco alla zona di posa (vedi Figura 36.3), qui un posatore lo comprime con forza nella posizione finale verificandone planarità e allineamento.

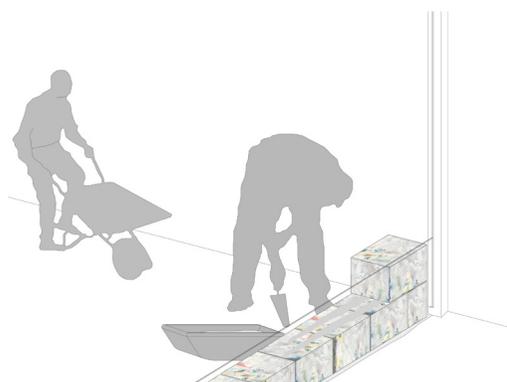


Figura 7.52 Illustrazione delle fasi di posa della colla adesiva bicomponente, fase III

Al fine di garantire una buona risposta meccanica del muro i giunti devono essere sempre sfalsati; successivamente si solleva il filo orizzontale secondo il modulo del blocco e si procede allo stesso modo alla posa dei successivi blocchi, fino al raggiungimento della massima quota operabile dal livello terreno (vedi Figura 36.4).

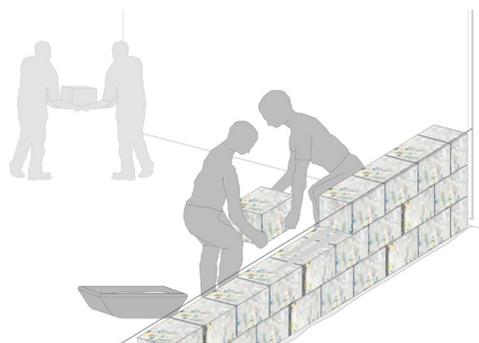


Figura 7.53 Illustrazione della movimentazione dei blocchi Replast nella posizione finale, fase III

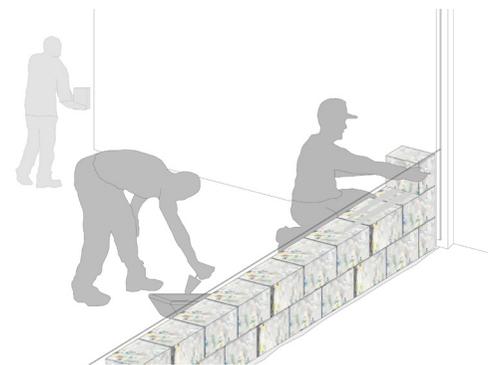


Figura 7.54 Illustrazione della fase di posa dei blocchi Replast, fase III

Per la prosecuzione della lavorazione in quota si fa uso di un idoneo ponte su cavalletti, che viene montato dopo aver completato la parte di muro realizzabile dal livello terreno.

La **fase IV** riguarda l'esecuzione delle procedure di posa di cui sopra, da ponte su cavalletti; il ponte presenta una larghezza dell'intavolato di 90 cm, ottenuta disponendo 3 tavolati accostati (dim. 30x400x5 cm), un'altezza di (1,60-1,10 m), e non necessita di parapetto anticaduta, l'accesso al ponte deve avvenire attraverso scala portatile doppia.

Il ponte, con una portata ammissibile di 300 Kg/m² consente a due operatori di svolgere la lavorazione, a condizione di dotarsi soltanto del materiale strettamente necessario (attrezzature minute, contenitore per colla). Per ridurre eccessive flessioni della schiena e velocizzare le operazioni di posa è preferibile sollevare il contenitore per la colla su una coppia di blocchi.

Le due squadre di due operatori sul ponte vengono assistite da altri due operatori a terra (vedi Figura 36.5), che tramite l'argano a motore, forniscono ivi i blocchi necessari; il rispetto del massimo carico ammissibile per il ponteggio è fondamentale per garantire lo svolgimento delle lavorazioni in sicurezza.

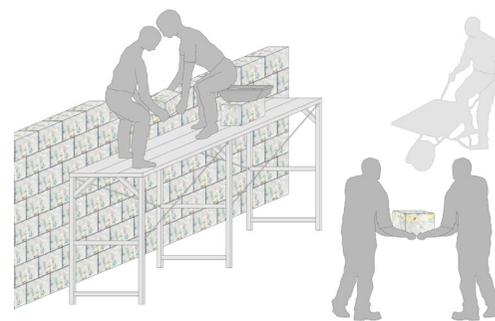


Figura 7.55 Illustrazione della fase di posa dei blocchi Replast, fase III

La posa dei paramenti murari in **mattoni forati di tipo 1** con dim. (0,18x0,18x0,33) m utilizzati per il Cobogò e dei **mattoni forati di tipo 2** (0,12x0,18x0,33) m utilizzati per i tamponamenti interni, viene realizzata secondo le stesse procedure di cui sopra, per la **fase I** e **fase II**, rispettivamente di pulitura e tracciamento fare riferimento a quanto già posto per i blocchi Replast (vedi Figure 36.0-36.1).

La **fase III** riguarda la posa dei **mattoni di tipo 1 e di tipo 2**, tale operazione viene svolta da due squadre di due operatori, inizialmente a secco senza malta, posando il primo corso di blocchi al fine di verificarne la posizione e la quantità necessaria, lasciando uno spazio pari al giunto di malta (1 cm); terminata questa verifica, si può procedere alla posa della malta di allettamento (vedi Figura 36.6), gettando due fasce parallele ai lati del mattone e rimuovendo qualsiasi eccesso di malta; gli elementi da posare, vengono trasportati dalle aree di stoccaggio alla zona di posa da operatore singolo, qui un posatore li inserisce nella posizione finale verificandone planarità e allineamento.

Ultimato il corso in oggetto, si procede all'innalzamento del filo orizzontale secondo il modulo dell'elemento da posare e si procede allo stesso modo alla posa dei successivi corsi, fino al raggiungimento della massima quota operabile dal livello terreno (vedi Figura 36.7-8).

Per la prosecuzione della lavorazione in quota si fa uso di un idoneo ponte su cavalletti, che viene montato dopo aver completato la parte di muro realizzabile dal livello terreno.

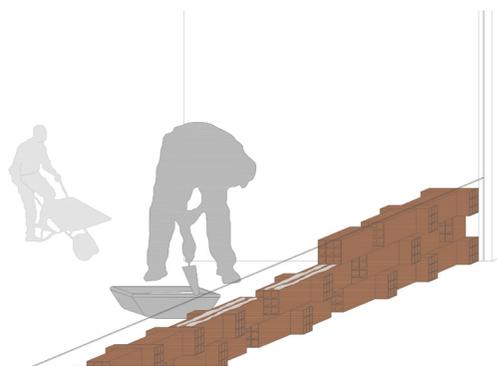


Figura 7.56 Illustrazione della fase di posa della malta di allettamento, fase III



Figura 7.57 Illustrazione della fase di posa dei mattoni (0,18x0,18x0,33)m per il Cobogò, fase III



Figura 7.58 Illustrazione della posa dei mattoni (0,12x0,18x0,33)m per i tamponamenti, fase III

La **fase IV** riguarda l'esecuzione delle procedure di posa predette, da ponte su cavalletti; il ponte presenta una larghezza dell'intavolato di 90 cm, ottenuta disponendo 3 tavolati accostati (dim. 30x400x5 cm), un'altezza di (1,60-1,10 m), e non necessita di parapetto anticaduta, l'accesso al ponte deve avvenire attraverso scala portatile doppia.

Il ponte, con una portata ammissibile di 300 Kg/m² consente a due operatori di svolgere la lavorazione, a condizione di dotarsi soltanto del materiale strettamente necessario (attrezzature minute, cassetta per la malta). Per ridurre eccessive flessioni della schiena e velocizzare le operazioni di posa è preferibile sollevare la cassetta per malta su un cumulo di mattoni. I due operatori sul ponte vengono assistiti da altri due operatori a terra (vedi Figura 36.9), che tramite l'argano a motore, forniscono ivi i blocchi necessari; il rispetto del massimo carico ammissibile per il ponteggio è fondamentale per garantire lo svolgimento delle lavorazioni in sicurezza.



Figura 7.59 Illustrazione della posa degli elementi murari in quota, da ponte su cavalletti, fase III

Rischi specifici

Tra i rischi connessi con la movimentazione dei materiali abbiamo i seguenti.

- A** Urti, impatti, colpi, compressioni;
- B** Caduta dall'alto;
- C** Irritazione cutanea;
- D** Inalazione polveri, vapori, gas di scarico;
- E** Problemi al sistema muscolo scheletrico durante il sollevamento e trasporto dei blocchi.

Prescrizioni di sicurezza da adottare per minimizzare i rischi specifici

- 1A** Verificare l'assenza di ostacoli, ristagni d'acqua o residui di lavorazione lungo il percorso;
- 2A** Non indossare capi di vestiario con parti slacciate o sporgenti che possano rimanere agganciate e provocare urti o cadute;
- 3A** Posare il materiale, in maniera graduale e senza scatti che possano provocare schiacciamenti o compressioni per gli operatori;
- 1B** I ponti non devono essere spostati quando su di essi si trovano lavoratori o sovraccarichi;
- 2B** In ogni caso di lavori effettuati ad un'altezza da terra superiore ai 2 m, si dovrà dotare il ponteggio di idoneo parapetto anticaduta;
- 3B** I piedi dei cavalletti devono essere irrigiditi da tiranti normali e diagonali e poggiare su un piano di posa solido e ben livellato;
- 4B** Il carico sul ponteggio deve essere ben distribuito in funzione della portata massima dello stesso, evitando di comporre cataste di materiali in quota;
- 5B** Sull'impalcato tenere solo il materiale strettamente necessario all'immediato utilizzo;
- 6B** Evitare di appoggiare al ponte su cavalletti carichi laterali che possano destabilizzarlo;

- 7B** Evitare di utilizzare i ponti su cavalletti su impalcato di ponteggi esterni o di altri ponti;
- 8B** Evitare di salire sul ponteggio dai montanti dei cavalletti o da sistemi appoggiati al ponteggio, usare solo scale doppie;
- 9B** Verificare che i cavalletti non abbiano ruggine passante o segni di fessurazione;
- 10B** Superata la quota di 1,60 m, disporre due blocchi o alcuni mattoni uno sopra l'altro con al di sopra una tavola per disporre di un parapetto di sicurezza contro le cadute;
- 1C** Evitare il contatto di malte di allettamento e colle con la pelle, in caso di contatto sciaccare abbondantemente con acqua;
- 1D** Gli scarichi nocivi del motore dell'argano utilizzato per le lavorazioni in quota sono pericolose e provocano gravi danni alla salute;
- 1E** Dotare le zone di stoccaggio di spazio sufficiente allo svolgimento in sicurezza dell'attività che viene effettuata;
- 2E** Evitare di inflettere la schiena durante la fornitura del materiale per la posa, facendo gravare il carico unicamente sulle gambe;

DPI

- ACE** Guanti protettivi;
- AE** Scarpe antinfortunistiche;
- ACE** Tuta di protezione;
- C** Occhiali di protezione;
- D** Maschera protettiva;
- B** Casco protettivo;
- B** Sistemi di trattenuta.



7.5.1.4 Scheda di formazione D, taglio di blocchi e mattoni

Introduzione

L'attrezzatura utilizzabile per il taglio può essere fissa o mobile, altri parametri che differenziano le varie macchine di taglio sono il tipo di alimentazione, che può essere elettrica o a gasolio, la profondità del taglio della lama, la possibilità di regolare o meno la sua inclinazione, la trasmissione a cinghia o diretta. Vanno utilizzate macchine e utensili a norma, la scelta va fatta soltanto tra le strumentazioni più adatte alla specifica lavorazione che si intende eseguire.

A questo proposito importanza fondamentale riveste la scelta del più idoneo disco da taglio, che deve essere contrassegnato da una banda colorata che indica la velocità massima di lavorazione, confrontando attentamente il numero di giri della macchina con il numero di giri ammesso dal disco. La specifica attività di taglio dei blocchi Replast e dei mattoni forati in laterizio prevede l'utilizzo di una troncatrice a motore con disco diamantato forato, si raccomanda perciò la scelta di un'area coperta dagli agenti atmosferici, al fine di preservare il funzionamento della macchina, aperta e ventilata, in modo da ridurre le criticità che questa specifica lavorazione comporta, che sono produzione di polveri, che vengono liberate durante il taglio di blocchi e mattoni, produzione di monossido di carbonio, che viene liberato dalla propulsione del motore, emissione di rumore, costantemente prodotta durante il funzionamento della macchina, ma accentuata durante le operazioni di taglio degli elementi e data dall'attrito.

La mototroncatrice viene disposta in un banco di lavoro che garantisce di operare in si-

urezza, al di sopra della sega è montata una cuffia di protezione, posteriormente un coltello divisorio in acciaio ed inferiormente un carter a protezione delle cinghie di trasmissione e del disco di taglio.

Poco prima delle operazioni di taglio, il banco di lavoro deve essere ordinato senza alcun materiale nelle vicinanze del disco diamantato e l'area adiacente la zona di taglio deve essere opportunamente protetta e segregata ai non addetti.

Ultimate le operazioni di taglio, vi è lo spegnimento della macchina e dopo aver atteso l'arresto del disco, il controllo di tutte le parti, ciò attesta che non vi siano danni occorsi durante le lavorazioni. Infine un'attenta pulitura permette di preservare il funzionamento di tutti i componenti della macchina.

Descrizione delle fasi di lavorazione

La troncatrice a disco diamantato è alimentata da un motore monocilindrico a 2 tempi con raffreddamento ad aria e monta un disco di diametro 350 mm, con una profondità di taglio di 125 mm, una potenza di 3,5 kW e una velocità di 5100 RPM.

Le operazioni di taglio riguardanti i **blocchi Replast**, i **mattoni forati di tipo 1** con dim. (0, 18x0, 18x0, 33) m utilizzati per il Cobogò ed i **mattoni forati di tipo 2** (0, 12x0, 18x0, 33) m utilizzati per i tamponamenti interni, vengono svolte secondo le seguenti fasi.

La **fase I** prevede il montaggio del gruppo di taglio, inizialmente occorre svitare le viti (1), togliere il carter, montare la cinghia di trazione sul tamburo della frizione, rimontare il carter

e serrare le viti; successivamente far passare la cinghia di trazione sopra la puleggia del gruppo di taglio (2), in seguito applicare il paracinghia e fissare il gruppo di taglio insieme al paracinghia, serrare i bulloni a mano (4). Avvitare la vite tendicinghia (3) in modo che il dado a testa quadra arrivi al centro della freccia sul copricinghia, infine scuotere il gruppo provocando l'azione della molla sulla cinghia ottenendo il tensionamento automatico e serrare i dadi con apposita chiave (vedi Figura 37.0).

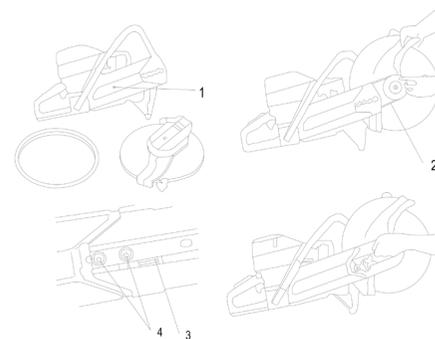


Figura 7.60 Illustrazione della fase di montaggio del gruppo di taglio, fase I

La **fase II** prevede il montaggio del disco di taglio ponendolo tra il mozzo (A) e l'anello (B), quest'ultimo viene fatto girare in modo che entri nel mozzo e viene serrato, il perno può essere fermato con un cacciavite, e il disco viene inserito per avvitarlo facendolo girare in senso orario; la vite di fissaggio del disco deve essere fissata con una coppia pari a 15-25 Nm.

Il montaggio del copridisco deve sempre essere eseguito, con l'accortezza di regolarlo in modo tale che la parte posteriore sia vicina al pezzo in lavorazione, per poter raccogliere scorie e polveri di lavorazione ed allontanarle dall'operatore (vedi Figura 37.1).

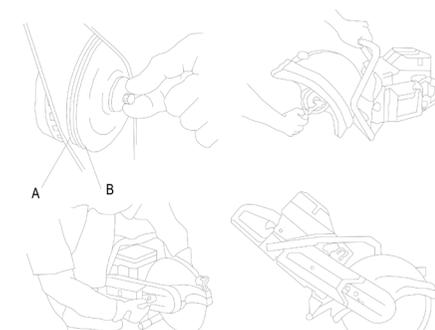


Figura 7.61 Illustrazione della fase di montaggio del disco, fase II

La **fase III** riguarda le operazioni di rifornimento e avviamento della troncatrice, per il rifornimento usare benzina con minimo 90 ottani, se più basso, batte in testa, si surriscalda e può entrare in avaria, il più indicato è al 2%; preparare la miscela in recipiente pulito e a parte, adatto alla benzina, versare metà della benzina da usare, aggiungere l'olio, mescolare con cautela, versare la benzina rimanente, agitare accuratamente prima di procedere al rifornimento, in caso di rimesaggio prolungato, vuotare e ripulire.

Prima di mettere in moto spostare la macchina di almeno tre metri e controllare la perfetta chiusura del tappo del serbatoio; per l'avviamento afferrare l'impugnatura anteriore con la mano sinistra, mettere il piede destro sopra l'impugnatura posteriore e fare forza verso il terreno; afferrare la maniglia e tirare la cordicella secondo strappi decisi e veloci, chiudere l'aria quando il motore accenna a partire dando ulteriori strappi fino ad ottenere l'avviamento, a motore avviato premere e rilasciare immediatamente l'acceleratore in modo da sbloccarlo dalla posizione di avviamento (vedi Figure 37.2-37.3).

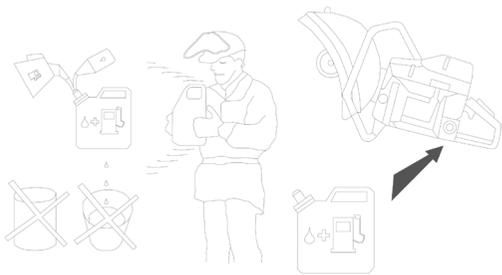


Figura 7.62 Illustrazione della fase di rifornimento della troncatrice, fase III

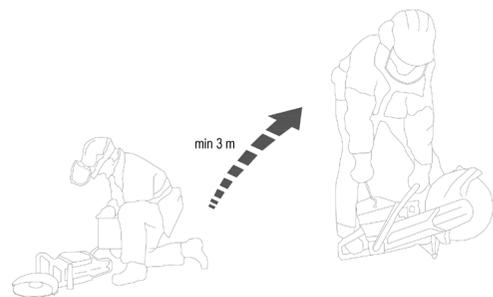


Figura 7.63 Illustrazione dell'avviamento della troncatrice, fase III

La **fase IV** è relativa al taglio, pulizia e rimessaggio della troncatrice, nella fase di taglio è importante far ruotare il disco alla massima velocità spostandolo in avanti e indietro e mai in verticale, usando soltanto una piccola parte del bordo tagliente, il taglio viene operato con disco disposto perpendicolarmente alla superficie del pezzo da tagliare.

Nel caso di pressione di avanzamento troppo elevata il disco può danneggiarsi ovalizzandosi e vibrando, in questo caso diminuire la pressione e se necessario sostituire il disco. Durante la lavorazione mantenere una posi-

zione ben salda ed equilibrata tenendo il pezzo ad una distanza comoda e controllando che non vi siano spostamenti dello stesso durante le operazioni di taglio.

La lavorazione di taglio viene svolta da un addetto al taglio, in collaborazione con due operatori nel caso dei blocchi Replast che per il notevole peso devono essere movimentati congiuntamente (vedi Figura 37.4), nel caso dei mattoni forati la movimentazione viene svolta da un solo operatore (vedi Figura 37.5).

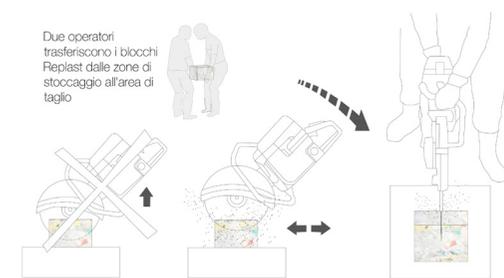


Figura 7.64 Illustrazione della fase di taglio dei blocchi Replast, fase IV

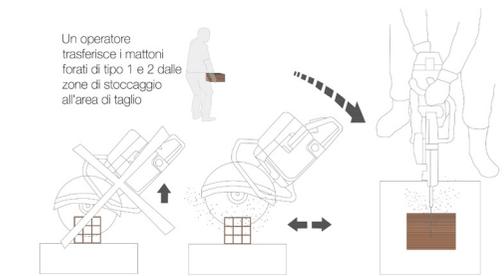


Figura 7.65 Illustrazione della fase di taglio dei mattoni forati di tipo 1 e tipo 2, fase IV

La **fase V** è relativa alle operazioni di pulizia, manutenzione e rimessaggio della macchina. La manutenzione giornaliera prevede la pulizia del gruppo del filtro dell'aria, esso è costituito da un filtro principale (1) e da un prefiltro (2), il filtro principale è accessibile sotto il carter (A). Per la pulizia, togliere il filtro, lavare con sapone e acqua tiepida, strizzare e lasciare asciugare, è importante che il filtro sia completamente oliato, il prefiltro è ubicato sotto il carter (B) ed è difficile da lavare, va quindi pulito con aria compressa.

La macchina è dotata di sistema di raffreddamento che va pulito con spazzola settimanalmente, se il sistema è sporco, provoca il surriscaldamento con conseguenti avarie. Il sistema è costituito dalla presa dell'aria nel dispositivo d'avviamento (3), collettore dell'aria (4), alette di ventilazione sul volano (5), flange di raffreddamento sul cilindro (6), coperchio del cilindro (7). Prima del rimessaggio, i dischi devono essere smontati e riposti su superficie piana e stabile, conservandoli con protezioni adeguate (vedi Figura 37.6).

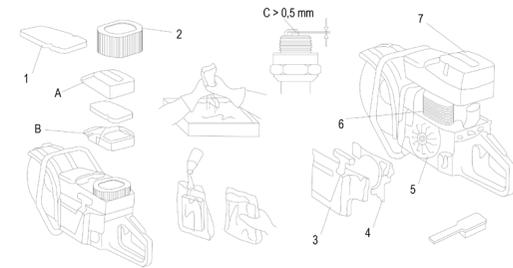


Figura 7.66 Illustrazione della fase di taglio dei mattoni forati di tipo 1 e tipo 2, fase V

Rischi specifici

Tra i rischi connessi con la movimentazione dei materiali abbiamo i seguenti.

- A** Rumore;
- B** Urti, impatti, abrasioni, compressioni, tagli, lesioni, schiacciamenti, ribaltamenti;
- C** Inalazione di polveri, vapori, gas di scarico;
- D** Irritazioni cutanee, allergie, dermatiti;
- E** Vibrazioni;
- F** Caduta di oggetti;
- G** Proiezioni di schegge;
- H** Rischio incendio.

Prescrizioni di sicurezza da adottare per minimizzare i rischi specifici

- 1A** Per ridurre l'eccessiva incidenza del rumore optare per i macchinari che presentano dischi di taglio con fori e tagli curvilinei;
- 2A** Disporre l'area di taglio separata e se necessario segregata dalle altre aree evitando che il rumore disturbi le altre lavorazioni;
- 3A** Disporre possibilmente le aree al coperto ma situate in zone aperte e ventilate in modo da ridurre sensibilmente la diffusione del rumore;
- 4A** Per controllare il rumore provvedere a controlli di manutenzione frequenti per il controllo dei componenti e l'eventuale lubrificazione delle parti;
- 1B** Assicurarsi che il macchinario si trovi in buono stato e che i dispositivi di sicurezza e arresto siano ben funzionanti;
- 2B** Durante le operazioni di pulizia, assicurarsi che il macchinario sia completamente fermo;
- 3B** Durante le interruzioni di lavoro, deve essere attivato il blocco di sicurezza;
- 4B** La sostituzione di eventuali parti della macchina deve essere effettuata in sicurezza attivando il blocco della stessa;

7.5.1.5 Scheda di formazione E, posa della rete CFRP e dell'intonaco

5B Segregare l'area di funzionamento della macchina distanziando gli altri lavoratori dalle zone a rischio;

6B Intensificare la manutenzione per evitare il deterioramento dei componenti meccanici;

7B Segnalare qualsiasi caso di malfunzionamento, rumore anomalo o deterioramento sopraggiunto della macchina;

8B Utilizzare solo dischi a norma e compatibili con l'attrezzatura che si sta utilizzando;

9B Indossare adeguato vestiario senza parti in rilievo che possano impigliarsi o presentare impedimento durante le fasi di taglio;

1C Gli agenti chimici che compongono la polvere che viene prodotta durante il taglio non devono essere inalate, indossare i DPI;

2C L'utilizzo di sega a motore a disco diamantato impone le lavorazioni all'aperto;

3C Evitare l'accumulo delle polveri nei pressi dell'area di taglio;

4C Scegliere se possibile macchine con aspiratori incorporati, in modo da ridurre drasticamente l'emissione di polveri;

1D Evitare il contatto della polvere prodotta con l'attività di taglio con gli occhi e con la pelle, in caso di contatto lavare con acqua;

2D Evitare il contatto prolungato soprattutto nelle fasi a maggior produzione di polveri volatili, pianificando pause nelle lavorazioni;

1E Per un'esposizione maggiore ai $2,5 \text{ m/s}^2$ il lavoratore è considerato ad alto rischio;

2E Utilizzare fluidi lubrificanti per le parti meccaniche al fine di ridurre l'attrito tra le parti;

3E Programmare le necessarie interruzioni del lavoro al fine di scongiurare lesioni irreversibili al sistema neuro-vascolare;

1F Controllare che sia presente un impalcato di protezione al di sopra del posto di lavoro, quando vi sia il rischio di caduta dei carichi

dall'alto;

2F Accertarsi che la macchina e il banco da taglio siano posizionati perfettamente a livello e in modo stabile;

3F Non sovraccaricare di oggetti il banco di taglio, formando alte cataste, che cadendo potrebbero rappresentare una seria minaccia alla salute degli addetti;

1G Assicurarsi che il macchinario abbia i sistemi di sicurezza e arresto ben funzionanti;

1H Evitare di lavorare in prossimità di luoghi con pericolo di esplosione o di incendio;

2H Orientare le scintille verso zone prive di materiale infiammabile;

3H Proteggere la zona di taglio con elementi schermanti (lamiere) posti fra il punto di origine e il materiale infiammabile se presente;

4H Utilizzare correttamente il macchinario evitando di sovraccaricarlo provocandone il surriscaldamento.

DPI

A Otoprotettori;

BDEFGH Guanti protettivi;

BDFGH Tuta di protezione;

BF Scarpe antinfortunistiche;

CG Maschera protettiva;

D Occhiali protettivi.



Introduzione

Le operazioni di posa dell'intonaco di fondo, rete polimerica CFRP e intonaco di finitura, sono anticipate dalla pulitura e bagnatura delle superfici di applicazione dell'intonaco, tali operazioni, che consente di migliorare la capacità di aderenza dell'intonaco al supporto oltre a ridurre, considerate le elevate temperature medie del sito, l'evaporazione dell'acqua contenuta nell'impasto d'intonaco limitandone il ritiro igroscopico e la comparsa di fessurazioni superficiali.

Le operazioni di posa dell'intonaco prevedono l'applicazione di un primo strato d'intonaco di fondo composto da malta premiscelata con elevato potere adesivo, che riduce le asperità e gli avvallamenti che la superficie di supporto presenta, all'interno di questo strato dello spessore complessivo di 1 cm , viene inserita la rete polimerica di rinforzo CFRP che permette di migliorare l'aderenza dell'impasto alla superficie muraria; in seguito dopo aver atteso per qualche giorno l'asciugatura completa della superficie, si procede alla posa dello strato di intonaco antincendio di finitura a base di cemento e perlite, che con una granulometria più fine, permette di livellare ulteriormente la parete incrementandone la resa estetica e la protezione dagli agenti atmosferici; all'interno di quest'ultimo strato dello spessore di 1 cm , viene annegata la rete porta-intonaco in fibra di vetro.

Ultimate le lavorazioni si procede alla pulitura delle superfici, attrezzature e macchinari, smaltimento dei materiali di scarto, smontaggio di ponteggi ed altre opere provvisorie e smobilizzo del cantiere.

La **fase I** prevede la realizzazione delle fasce, queste guide che vengono realizzate a mezzo staggia o regolo d'alluminio, da due addetti intonacatori, rappresentano il riferimento per la stesura superficiale dell'intonaco di fondo, si tratta di porzioni di intonaco larghe circa $10\text{-}20 \text{ cm}$ che sono costruite in modo tale da materializzare dei piani perfettamente verticali che indicheranno lo spessore generale dell'intonaco esteso a tutta la parete, dopo che siano trascorsi due o tre giorni e a presa e indurimento avvenuti si potrà procedere al riempimento delle fasce (vedi Figura 37.7).

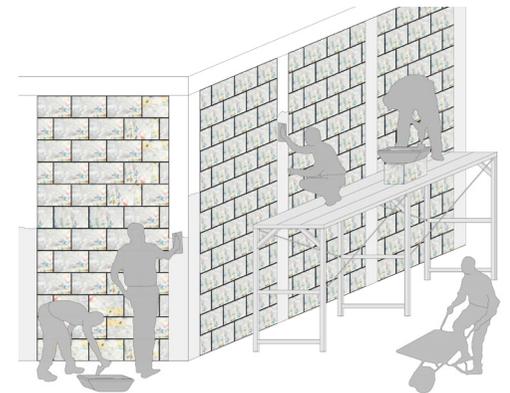


Figura 7.67 Illustrazione della fase di realizzazione delle fasce di riferimento per l'intonaco, fase I

La **fase II** riguarda la posa del primo strato di intonaco, detto rinzaffo che è composto da una malta premiscelata a base di calce e cemento, fibrorinforzata e idrofugata ad elevata capacità adesiva che agevola la presa della stessa sulla superficie sottostante, la posa avviene a mezzo cazzuola distribuendo con forza la malta secondo uno spessore parziale di 5 millimetri , questo strato con-

sente di ridurre gli avvallamenti e le disomogeneità della superficie dei blocchi Replast (vedi Figura 37.8).

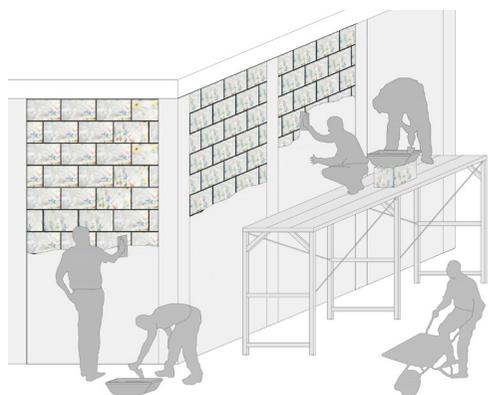


Figura 7.68 Illustrazione della fase di posa della prima parte dell'intonaco di fondo, fase II

La **fase III** prevede la posa della rete in CFRP che viene trasportata in rotoli e fissata alla parete tramite chiodatura, da squadre di due operatori che la annegano all'interno dell'intonaco di fondo, partendo dall'estremo basso della parete, spostandosi fino al lato opposto, il secondo strato della rete deve essere posato con sovrapposizione di almeno 10-15 cm (vedi Figura 37.9).

Nella **fase IV** si ha la posa della seconda parte di intonaco di fondo, con spessore pari a 5 millimetri che ingloba la rete CFRP retrostante, tale operazione viene svolta da due squadre di due intonacatori, distribuendo con forza la malta sul muro tramite cazzuola e frattazzo. In seguito viene effettuata una lisciatura della parete, premendo contro le fasce indurite, tramite un listello di legno che rimuove dalla

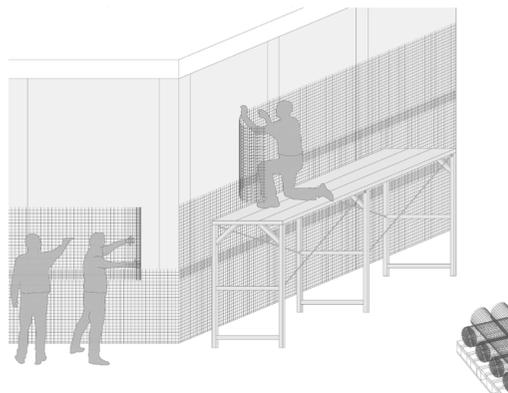


Figura 7.69 Illustrazione della fase di posa della rete di rinforzo, fase III

superficie il materiale sovrabbondante, questo viene recuperato e riutilizzato mescolandolo al rimanente (vedi Figura 38.0).

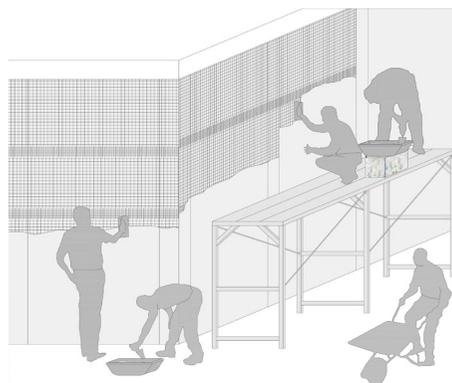


Figura 7.70 Illustrazione della fase di posa della seconda parte di intonaco di fondo, fase IV

Ad asciugatura ultimata del fondo, può iniziare la **fase V** riguardante la posa della finitura; dopo aver bagnato con acqua la parete si stende la prima parte di intonaco di finitura sulla stessa, tramite cazzuola e frattazzo fino all'ultimazione della parete, evitando che vi

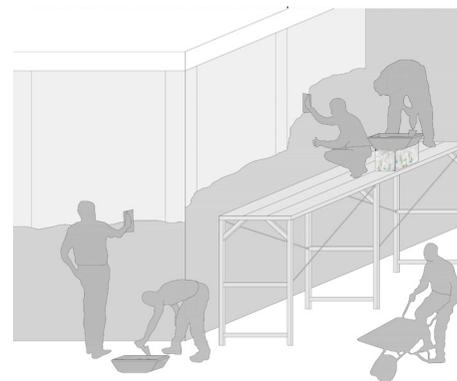


Figura 7.71 Illustrazione della fase di posa della prima parte di intonaco di finitura, fase V

siano zone in cui l'asciugatura avvenga prima di altre, creando delle autotensioni indotte. Questo strato ha spessore pari a 5 mm e dovrà essere fresco ma non eccessivamente da essere asportato dal movimento rotatorio del frattazzo (vedi Figura 38.1). Successivamente, sulla prima parte di intonaco di finitura steso, viene posata la rete porta-intonaco in fibra di vetro con maglia (10x10) mm, che va estesa per 30 cm circa oltre la linea di discontinuità dei materiali ed essere inglobata nello spessore dell'intonaco.

Ultimata la posa della rete in fibra di vetro si procede alla posa dell'ultima parte d'intonaco di finitura dello spessore di 5 mm che dovrà essere fresco ma non eccessivamente da essere asportato dal movimento rotatorio del frattazzo (vedi Figura 38.2).

Infine si procederà alla rimozione dei residui di materiale con il taglio della cazzuola e del frattazzo, effettuando una lisciatura che conferirà alla parete le caratteristiche finali.

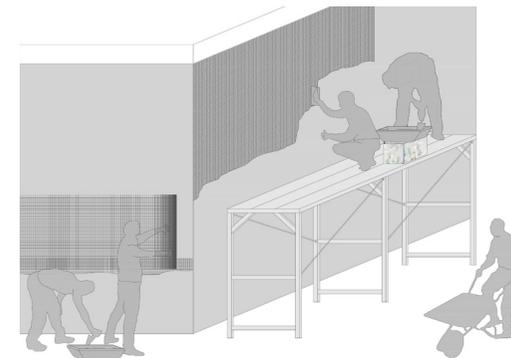


Figura 7.72 Illustrazione della fase di posa della seconda parte di intonaco di finitura posto a ricoprimento della rete-porta intonaco, fase V

Il processo di posa dell'intonaco appena descritto, viene realizzato da due squadre composte da due intonacatori, assistiti da due impastatori che forniscono l'impasto alle aree di posa; questo processo viene realizzato da livello terreno fino alla quota di circa 1,60 m, superata questa altezza, le operazioni procedono da idoneo ponte su cavalletti, in questo caso le due squadre che lavorano sul ponte vengono assistite da terra, tramite idoneo organo a motore.

Rischi specifici

Tra i rischi connessi con la movimentazione dei materiali abbiamo i seguenti.

- A** Investimento;
- B** Problemi al sistema muscolo scheletrico;
- C** Irritazioni cutanee, allergie, dermatiti;
- D** Agenti chimici;
- E** Inalazione polveri, vapori, gas di scarica;
- F** Caduta dall'alto.

Prescrizioni di sicurezza da adottare per minimizzare i rischi specifici

1A Durante le operazioni di carico e scarico il motore dell'autocarro deve essere spento;

2A In prossimità delle aree di scarico dell'autocarro procedere a passo d'uomo per ridurre il rischio di investimento degli addetti;

3A E' severamente vietato trasportare operai sui cassoni dell'automezzo, caricare il mezzo oltre la portata massima e caricare materiale oltre l'altezza delle sponde del mezzo;

1B E' meglio effettuare più volte il tragitto con un carico minore che fare meno tragitto con carichi più pesanti;

2B Se ci si trova alle prese con carichi simmetrici, è opportuno prenderne uno per lato, inflettendo leggermente le gambe, in modo da dividere equamente il peso;

3B La movimentazione dei sacchi contenente la polvere di intonaco può essere condotta da operatore singolo;

4B Non superare mai i limiti di peso prescritti per singolo operatore per non pregiudicare la salute degli addetti;

1C Evitare il contatto della polvere da intonaco e dell'impasto con la pelle, in caso di contatto risciacquare con acqua;

1D Evitare il contatto prolungato con la polvere d'intonaco, pianificando pause nelle lavorazioni;

1E Gli agenti chimici che compongono la polvere di intonaco e le malte in genere non devono essere inalate, se inevitabile pianificare pause dal contatto;

2E Gli scarichi nocivi del motore dell'argano e della betoniera utilizzati per le lavorazioni in quota e per l'impasto dei leganti sono dannose e provocano gravi danni al sistema respiratorio, cuore e sangue;

1F I ponti non devono essere spostati quan-

do su di essi si trovano lavoratori o sovraccarichi;

2F I piedi dei cavalletti devono essere irrigiditi da tiranti normali e diagonali e poggiare su un piano di posa solido e ben livellato;

3F Il carico sul ponteggio deve essere ben distribuito in funzione della portata massima dello stesso, evitando di comporre cataste di materiali in quota;

4F Sull'impalcato tenere solo il materiale strettamente necessario all'immediato utilizzo per consentire il movimento in sicurezza degli addetti;

5F Evitare di utilizzare i ponti su cavalletti su impalcati di ponteggi esterni o di altri ponti su cavalletti.

DPI

A Otoprotettori;

BCD Guanti protettivi;

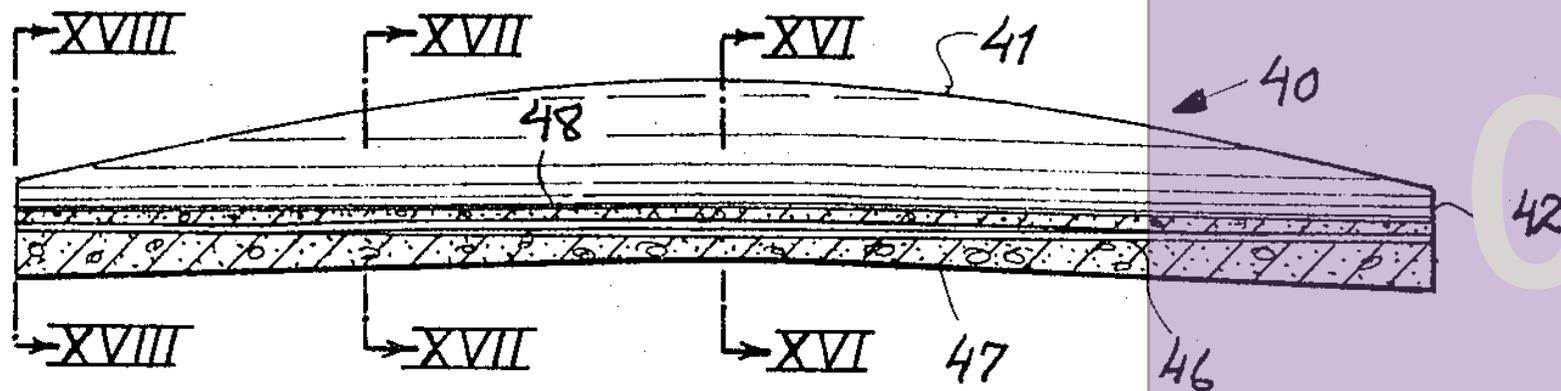
CD Tuta di protezione;

A Scarpe antinfortunistiche;

DE Maschera protettiva;

CD Occhiali protettivi.





08

PROGETTO STRUTTURALE

8. Progetto strutturale

8.1 Materiali da costruzione impiegati

Avvalendosi delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008 (*NTC 2008*), dal § 11.3.2 relativo all'Acciaio per calcestruzzo armato, si evince che in sede progettuale è ammesso unicamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure indicate dal § 11.3.1.2, riguardanti i Controlli di produzione in stabilimento e procedure di qualificazione, e dal § 11.3.1.11, Procedure di controllo per acciai da cemento armato ordinario – Reti e tralicci elettrosaldati.

Per quanto concerne il progetto delle armature, si è optato per l'impiego dell'acciaio *B450C*, caratterizzato dai seguenti valori nominali tabellati, secondo le *NTC 2008*, § 11.3.2.1.

Classe	f_{yk} [MPa]	f_{sd} [MPa]	E_s [MPa]
B450C	≥ 450	391	20000

Tabella 8.1 Caratteristiche dell'acciaio d'armatura impiegato

Dove:

- f_{yk} rappresenta la tensione caratteristica di snervamento, misurata in MPa [N/mm²];
- f_{sd} rappresenta la tensione di snervamento di progetto, espressa in MPa [N/mm²];
- E_s rappresenta il modulo elastico dell'acciaio considerato, espresso in MPa [N/mm²].

Per quanto concerne il progetto strutturale effettuato tramite telaio strutturale in calcestruzzo armato, si è optato innanzitutto per la coerente scelta della tipologia di materiale da impiegare, nel rispetto delle prescrizioni e delle prove resistenziali imposte dalle *NTC*

2008 e dalle relative direttive europee. È stato dunque necessario riferirsi principalmente al § 4.1 della suddetta normativa italiana per ricavare le caratteristiche minime di resistenza del materiale composito.

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, ricordiamo in tale sede come questo venga titolato ed identificato mediante la classe di resistenza, contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici (o prismatici) e cubici, espressa in MPa (secondo le prescrizioni delle *NTC 2008*, § 11.2 e seguenti).

La scelta è ricaduta sull'impiego di un calcestruzzo di classe *C35/45*, di cui si riportano i valori caratteristici resistenziali fondamentali, utili alle applicazioni pratiche di calcolo strutturale come illustrato nel seguito.

Classe	R_{ck} [MPa]	$0,83 R_{ck}$ [MPa]	f_{ck} [MPa]
C35/45	45	37,35	35

Tabella 8.2 Caratteristiche del cls impiegato

Dove:

- R_{ck} rappresenta la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni sui provini di tipo cubico di lato 150 mm, misurata in MPa;
- f_{ck} rappresenta la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni sui provini di tipo cilindrico, di diametro 150 mm, espressa in MPa.

8.2 Carichi permanenti non strutturali

Sono considerati carichi permanenti non strutturali (o portati) i carichi non rimovibili durante il normale esercizio della costruzione, ovvero relativi a tamponature esterne, divisori interni, massetti, isolamenti, pavimenti e rivestimenti del piano di calpestio, intonaci, controsoffitti, impianti ed altro.

Questi saranno valutati in base alle dimensioni effettive delle opere e dei pesi dell'unità di volume dei materiali costituenti. In generale, i carichi permanenti portati ed i carichi variabili verranno assunti, per la verifica d'insieme, come uniformemente distribuiti.

I tramezzi e gli impianti leggeri saranno assunti come carichi equivalenti distribuiti, posti solai con adeguata capacità di ripartizione trasversale.

Il dimensionamento dei carichi per il calcolo strutturale prevede che, per le chiusure orizzontali e i solai interpiano, si calcoli, come carichi permanenti portati, il peso per unità di superficie (o peso areico) dei materiali costituenti.

$$P_a = \sum_{i=1}^n sp_i \times \gamma_i$$

Dove:

- P_a rappresenta il peso areico dell'elemento orizzontale [kN/m²];
- s_{pi} lo spessore di un singolo strato di materiale [m];
- γ_i il peso specifico del materiale [kN/m³];
- n il numero degli strati presenti.

I valori del peso specifico sono ricavati dalla normativa e rappresentano il peso specifico caratteristico del materiale. Per i materiali non presenti nella normativa vengono invece utilizzati i valori di peso specifico segnalati per la normativa per materiali comparabili (es. gesso e cartongesso) od alternativamente i valori riportati nelle scheda tecnica di prodotto; in quest'ultimo caso, tuttavia, siamo in presenza di valori medi e non caratteristici; questa approssimazione è accettabile in quanto si tratta di materiali relativamente leggeri o con spessori ridotti, in cui pertanto la differenza tra valore caratteristico e medio non influisce in maniera rilevante sul risultato finale.

Per alcuni materiali sulla scheda tecnica è riportato direttamente il peso per unità di superficie in kN/m², in questo caso si utilizza direttamente il valore dato senza dover moltiplicare lo spessore per il peso specifico. A fianco sono riportati i calcoli per il solaio interpiano e la chiusura orizzontale in copertura illustrate nelle stratigrafie.

CO_01: Solaio Interpiano

n°	Strato	s [m]	γ [kN/m ³]	P_a [kN/m ²]
1	Intonaco cementizio	0,0100	11,77	0,12
2	Struttura	0,2500	11,77	2,94
3	Massetto in cls	0,1000	19,61	1,96
4	Fibra di cocco	0,0040	0,88	0,00
5	Fibra di legno	0,0800	2,16	0,17
6	Massetto in cls	0,0350	19,61	0,69
7	Malta	0,0050	17,65	0,09
8	Piastrelle in gres	0,0150	-	0,54
Totale G ₁				2,94
Totale G ₂				3,57

Tabella 8.3 Carichi permanenti non strutturali: solaio interpiano

CO_05: Copertura Verde NP

n°	Strato	s [m]	γ [kN/m ³]	P_a [kN/m ²]
1	Intonaco cementizio	0,0100	11,77	0,12
2	Struttura	0,2500	11,77	2,94
3	Vetro cellulare	0,1500	1,13	0,17
4	Guaina bituminosa	0,0100	-	0,03
5	Guaina antivento	0,0001	-	0,00
6	Membrana alveolare	0,0000	-	0,00
7	Terreno	0,1300	19,61	2,55
Totale G ₁				2,94
Totale G ₂				2,87

Tabella 8.5 Carichi permanenti non strutturali: copertura verde non praticabile

CO_04: Copertura Praticabile

n°	Strato	s [m]	γ [kN/m ³]	P_a [kN/m ²]
1	Intonaco cementizio	0,0100	11,77	0,12
2	Struttura	0,2500	11,77	2,94
3	Vetro cellulare	0,1500	1,13	0,17
4	Guaina bituminosa	0,0050	-	0,03
5	Strato separatore	0,0010	-	0,00
6	Massetto in cls	0,0650	19,61	1,27
7	Barriera al vapore	0,0000	-	0,00
8	Finitura in cls	0,0700	23,54	1,65
Totale G ₁				2,94
Totale G ₂				3,24

Tabella 8.4 Carichi permanenti non strutturali: copertura praticabile

CO_05: Copertura Verde P

n°	Strato	s [m]	γ [kN/m ³]	P_a [kN/m ²]
1	Intonaco cementizio	0,0100	11,77	0,12
2	Struttura	0,2900	11,77	3,41
3	Vetro cellulare	0,1500	1,13	0,17
4	Guaina bituminosa	0,0100	-	0,03
5	Guaina antivento	0,0001	-	0,00
6	Membrana alveolare	0,0000	-	0,00
7	Terreno	0,2400	19,61	4,71
Totale G ₁				3,41
Totale G ₂				5,02

Tabella 8.6 Carichi permanenti non strutturali: copertura verde praticabile

8.3 Carichi e sovraccarichi

Le intensità da assumere per i sovraccarichi variabili verticali e orizzontali ripartiti e per le corrispondenti azioni locali concentrate sono riportati nella seguente tabella.

I carichi variabili comprendono i carichi legati alla destinazione d'uso dell'opera; i modelli di tali azioni possono essere costituiti da:

- q_k carichi verticali uniformemente distribuiti [kN/m²];
- Q_k carichi verticali concentrati [kN];
- H_k carichi orizzontali lineari [kN/m].

Tali valori sono comprensivi degli effetti dinamici ordinari, purché non vi sia rischio di risonanza delle strutture.

I carichi verticali concentrati Q_k formano oggetto di verifiche locali distinte e non vanno sovrapposti ai corrispondenti carichi verticali ripartiti; essi devono essere applicati su impronte di carico appropriate all'utilizzo ed alla forma dell'orizzontamento; in assenza di precise indicazioni può essere considerata una forma dell'impronta di carico quadrata pari a 50×50 mm, salvo che per le rimesse ed i parcheggi, per i quali i carichi si applicano su due impronte di 200×200 mm, distanti assialmente di $1,80$ m.

In presenza di carichi atipici (quali macchinari, serbatoi, depositi interni, impianti...) le intensità devono essere valutate caso per caso, in funzione dei massimi prevedibili: tali valori dovranno essere indicati esplicitamente nelle documentazioni di progetto e collaudo statico. I carichi variabili orizzontali lineari H_k devono essere applicati a pareti, alla quota di $1,20$ m dal rispettivo piano di calpestio ed a parapetti o mancorrenti, alla quota del bordo superiore. In proposito deve essere precisato che tali verifiche locali riguardano, in relazione alle condizioni d'uso, gli elementi verticali bidi-

mensionali quali tramezzi, pareti, tamponamenti esterni, comunque realizzati, con esclusione di divisori mobili (che devono garantire sufficiente stabilità in esercizio).

Nel caso in studio, si sono scelte le categorie C (ambienti suscettibili di affollamento) che maggiormente rappresenta le funzioni contenute nell'edificio; assieme alle categorie H, ed H₂, rispettivamente riferite alle coperture non praticabili e praticabili.

Categoria	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
C2	4	4	2
H1	0,5	1,2	1
H2	4	4	2

Tabella 8.7 Carichi variabili applicati

8.4 Combinazioni di carico

Con riferimento alle NTC del 2008 la combinazione di carico è definita per lo stato limite ultimo (SLU) come:

$$\gamma_{G1}G_1 + \gamma_{G2}G_2 + \gamma_p P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica rara per lo (SLE):

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

Combinazione frequente (SLE):

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

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

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

Per le combinazioni dei carichi sono necessari i coefficienti parziali e di combinazione. I coefficienti parziali utilizzati sono quelli riportati nella tabella seguente.

Categoria	ψ_{0i}	ψ_{1i}	ψ_{2i}
Categoria C	0,70	0,70	0,60
Categoria H	0,00	0,00	0,00

Tabella 8.8 Coefficienti di combinazione

8.5 Dimensionamento del solaio in laterocemento

8.5.1 Diagramma d'involuppo

Il calcolo delle sollecitazioni nei solai dell'impalcato viene condotto con riferimento a strisce di larghezza modulare, correlata all'interasse delle nervature, su schemi statici parziali a trave continua opportunamente definiti per le diverse zone dell'impalcato stesso. Tali schemi interpretano in modo approssimato il reale comportamento strutturale che vede

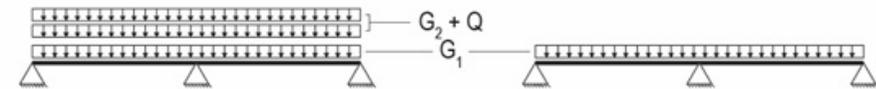


Figura 8.1 Combinazioni di carico dei solai: caso 1a ed 1b

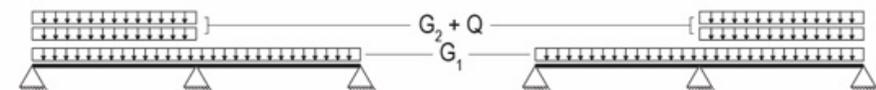


Figura 8.2 Combinazioni di carico dei solai: caso 2a e 2b

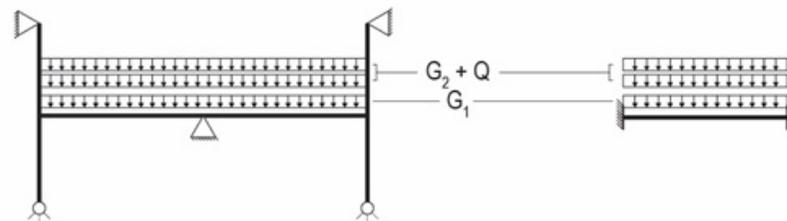


Figura 8.3 Combinazioni di carico dei solai: caso 3a e 3b

le nervature del solaio sorrette dalle travate principali secondo vincoli ad incastro elasticamente cedevoli sia in senso rotatorio, sia in senso traslatorio (verticale). Il grado di cedevolezza di questi vincoli dipende dalla flessibilità delle travi e da quella degli altri elementi connessi come i pilastri.

Esso varia lungo le travate stesse, essendo minimo in corrispondenza dei pilastri, massimo attorno alle mezzerie delle travi.

Per finire si ricorda anche come alcuni dei carichi agenti sul solaio siano rappresentabili con schemi necessariamente approssimati in quanto riferiti ad assetti non prevedibili con precisione.

La prima operazione da eseguire per calcolare l'involuppo dei solai è l'individuazione dell'area di influenza del solaio (1 m di larghezza per la lunghezza delle campate in esame), si è proceduto poi con la definizione dello schema

statico da utilizzarsi: trave continua impostata su tre appoggi. Gli appoggi laterali rappresentano le travi di bordo, mentre l'appoggio centrale rappresenta la trave di spina.

Inoltre, per tener conto della continuità della struttura in cemento armato, è stato anche studiato il caso di trave incastrata agli estremi; quest'ultimo caso viene utilizzato per la stima dei momenti sui pilastri e viene integrato con uno schema per vincoli terminali più accurato.

L'analisi delle sollecitazioni viene ripetuta per i singoli schemi statici parziali; un procedimento conveniente per determinare le diverse situazioni di verifica può essere quello di elaborare le situazioni per le singole condizioni elementari, caricando separatamente campata per campata. Le situazioni di verifica si dedurranno in seguito con delle combinazioni pesate delle singole soluzioni.

Dal punto di vista più pratico nel formulare le diverse combinazioni di carico è stato sempre applicato il carico permanente strutturale G_1 , mentre i carichi semi permanenti G_2 e i variabili Q sono stati applicati nelle diverse situazioni al fine di produrre le maggiori sollecitazioni come mostrato in figura.

Come già spiegato nei paragrafi precedenti i carichi agenti vengono corretti da un coefficiente a seconda della combinazione di calcolo utilizzata: *SLU*, *SLE rara*, *SLE frequente* e *SLE quasi permanente*. Si riporta ciò che la normativa (§2.5.3, tabella 2.6.I e 2.5.I delle *NTC 2008*) prevede per il calcolo delle sollecitazioni con gli opportuni fattori correttivi. I carichi risulteranno quindi:

G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q_1 [kN/m ²]
2,94	2,87	0,50

Tabella 8.9 Carichi coperture Edificio Nord

G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q_1 [kN/m ²]
2,94	3,24	4,00

Tabella 8.10 Carichi interpiano Edificio Nord

G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q_1 [kN/m ²]
3,41	5,20	4,00

Tabella 8.11 Carichi coperture Edificio Sud

G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q_1 [kN/m ²]
2,94	3,57	4,00

Tabella 8.12 Carichi interpiano Edificio Sud

Dove:

- G_1 , rappresenta il peso della struttura orizzontale [kN/m²];
- G_2 , rappresenta il peso non strutturale del pacchetto orizzontale [kN/m];
- Q_1 , rappresenta il carico variabile dovuto all'affollamento previsto per l'edificio in oggetto e nel caso della copertura non praticabile, il carico dovuto alla manutenzione ordinaria [kN/m²];

I carichi riportati sono stati previamente stabiliti nei capitoli precedenti della relazione.

8.5.2 Schemi d'inviluppo

Come già anticipato ci si riferisce volta per volta alle singole campate definite dalle luci di ogni solaio. Si procede con la risoluzione delle diverse configurazioni possibili poiché diversi punti possono risultare caricati in maniera differente.

Risolvendo gli schemi iperstatici presentati a fianco si scrivono gli equilibri isostatici che permettono di ricavare le reazioni vincolari verticali ed infine è possibile scrivere le formule di taglio e momento al variare della coordinata lineare.

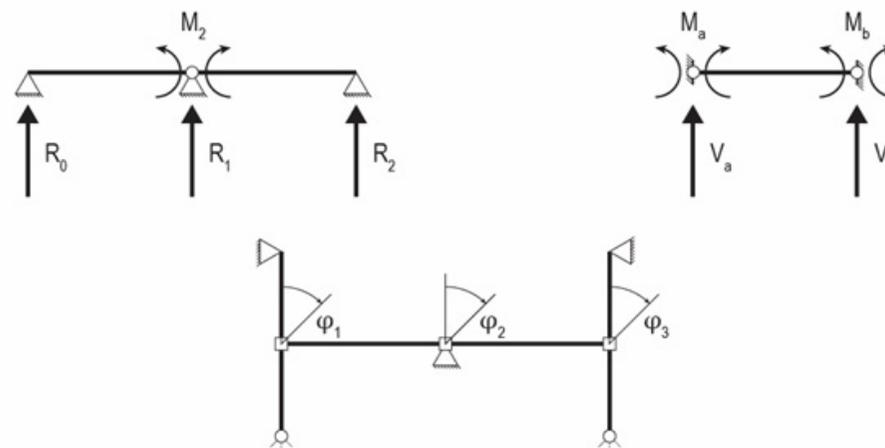


Figura 8.4 Schemi d'inviluppo dei solai

Sovrapponendo i diversi diagrammi, in ogni sezione si possono individuare i valori, positivi e negativi, massimi delle sollecitazioni. La linea che congiunge tali valori prende il nome di diagramma inviluppo; essa costituisce la base del successivo calcolo strutturale.

8.5.3 Predimensionamento delle armature

Il predimensionamento delle armature longitudinali tese del solaio, nelle diverse sezioni significative viene eseguito utilizzando le medesime equazioni che si utilizzeranno in seguito per la verifica, nella ipotesi di sezione inflessa con armatura semplice ed utilizzando le seguenti leggi costitutive di progetto:

- per il calcestruzzo compresso il blocco uniforme di tensioni di valore ηf_{cd} , esteso su una profondità λ_x , con x posizione dell'asse neutro. Per un calcestruzzo di classe *C35/45* si assumono $\lambda=0,8$ e $\eta=1,0$;
- per l'acciaio teso il diagramma elastico-perfettamente plastico che non richiede quindi il controllo del limite di deformazione dell'ac-

ciaio.

In questa fase si fa riferimento ad acciaio per armature tipo *B450C*, più duttile del tipo *B450A* e quindi capace di sopportare un allungamento a rottura maggiore. Si scrive quindi l'equazione di equilibrio alla rotazione della sezione con il momento sollecitante di calcolo M_{Ed} , assumendo quale polo il baricentro delle armature tese:

$$0,8 b x f_{cd} d (d - 0,4x) = M_{Ed}$$

Dove:

- b rappresenta la larghezza della porzione di sezione compressa;
- x è la quota dell'asse neutro;
- f_{cd} rappresenta la tensione di compressione di progetto;
- d è l'altezza utile della sezione, ovvero la distanza tra asse baricentrico delle armature e superficie opposta del pacchetto solaio;
- M_{Ed} rappresenta il momento agente di progetto nella sezione considerata.

Dall'equazione di secondo grado si otterranno due valori di x : si è considerato il valore che

posiziona l'asse neutro all'interno dei limiti geometrici d'altezza del pacchetto strutturale. Il valore di d viene stabilito da normativa (EC2 §4.4.1) e coinvolge la scelta delle barre d'armatura e il copriferro minimo necessario:

$$d = h - c - \frac{\phi}{2}$$

Dove:

- h rappresenta l'altezza del pacchetto di solaio;
- c rappresenta lo spessore del copriferro;
- ϕ rappresenta il diametro delle barre d'armatura.

Per il dimensionamento del copriferro è stato necessario stabilire la classe di esposizione dell'edificio oggetto d'esame e il relativo grado di aggressività dell'ambiente (Circolare 2 febbraio 2009, §C4.1.6.1.3). In condizioni ambientali ordinarie e utilizzando un calcestruzzo C25/30, lo spessore del copriferro corrispondente è pari a 25 mm, mentre le barre d'armatura inizialmente scelte hanno ϕ_{12} . Scrivendo invece l'equilibrio alla traslazione si ha:

$$0,8 b x f_{cd} = A_{s,req} f_{yd}$$

Dove:

- $A_{s,req}$ rappresenta l'area richiesta di acciaio in barre;
- f_{yd} rappresenta il valore di calcolo della tensione di snervamento, pari a 391 N/mm² per l'ipotesi di armatura snervata.

Da cui si calcola facilmente $A_{s,req}$:

$$A_{s,req} = \frac{0,8 b x f_{cd}}{f_{yd}}$$

Tale armatura non dovrà risultare inferiore alla armatura minima (EC2 §9.2.1.1):

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d$$

Dove:

- $A_{s,min}$ rappresenta l'area minima delle barre d'acciaio prescritta dalla normativa;
- f_{yk} rappresenta il valore caratteristico di resistenza a trazione dell'acciaio, pari a 450 N/mm²;
- f_{ctm} rappresenta il valore di resistenza media a trazione del calcestruzzo, pari a 2,6 N/mm²;
- b_t rappresenta la larghezza della zona tesa alla incipiente fessurazione.

Quest'ultimo valore viene calcolato come da formula:

$$b_t = \frac{0,5 f_{ctm} \left(1 + \frac{y_G - t}{y_G}\right) b t + f_{ctm} \frac{y_G - t}{y_G} b_w (y_G - t)}{0,5 f_{ctm} y_G}$$

Dove:

- y_G rappresenta la quota del baricentro della sezione misurata dall'estradosso del solaio (pari a 6,9cm);
- t rappresenta l'altezza del getto di completamento del solaio;
- b_w rappresenta la larghezza delle nervature.

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
10,26	1000,00	4,15	1000,00
5,58	240,00	9,51	865,75
11,38	1000,00	4,61	240,00
8,93	240,00	15,39	865,75
19,09	1000,00	7,78	1000,00

Tabella 8.13 Dati Edificio Nord: copertura 1

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
16,49	1000,00	6,71	1000,00
10,48	240,00	18,16	865,75
17,97	1000,00	7,32	240,00
8,14	240,00	13,99	865,75
8,68	1000,00	3,51	1000,00

Tabella 8.14 Dati Edificio Nord: copertura 2

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
24,20	1000,00	9,91	1000,00
16,86	240,00	29,87	865,75
26,04	1000,00	10,68	240,00
20,89	240,00	37,57	865,75
15,00	1000,00	6,10	1000,00

Tabella 8.15 Dati Edificio Nord: copertura 3

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
28,15	1000,00	11,56	1000,00
20,22	240,00	36,26	865,75
30,17	1000,00	12,41	240,00
26,63	240,00	48,99	865,75
21,56	1000,00	8,81	1000,00

Tabella 8.16 Dati Edificio Nord: copertura 4

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
27,27	1000,00	11,19	1000,00
17,34	240,00	30,76	865,75
31,26	1000,00	12,87	240,00
16,14	240,00	28,51	865,75
15,79	1000,00	6,42	1000,00

Tabella 8.17 Dati Edificio Nord: interpiano 2

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
40,03	1000,00	16,59	1000,00
27,89	240,00	51,56	865,75
45,34	1000,00	18,88	240,00
37,78	240,00	73,02	865,75
28,50	1000,00	11,71	1000,00

Tabella 8.18 Dati Edificio Nord: interpiano 3

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
46,56	1000,00	19,40	1000,00
33,44	240,00	63,32	865,75
52,52	1000,00	21,99	240,00
47,52	240,00	96,66	865,75
39,63	1000,00	16,42	1000,00

Tabella 8.19 Dati Edificio Nord: interpiano 4

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
41,41	1000,00	14,39	1000,00
27,70	240,00	41,95	865,75
47,41	1000,00	16,53	240,00
33,85	240,00	52,14	865,75
20,45	1000,00	7,03	1000,00

Tabella 8.20 Dati Edificio Sud: copertura

M _{Ed Max tot}	b [mm]	x ₂ [mm]	b _t [mm]
34,47	1000,00	14,22	1000,00
23,06	240,00	41,81	865,75
39,36	1000,00	16,31	240,00
28,02	240,00	51,84	865,75
16,85	1000,00	6,86	1000,00

Tabella 8.21 Dati Edificio Sud: interpiano

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	120,61	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	66,25	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
97,48	133,94	133,94	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	107,25	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
406,17	225,92	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12

Tabella 8.22 Dati Edificio Nord: armatura copertura 1

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	194,81	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	126,50	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
97,48	212,48	212,48	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	97,44	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
406,17	101,90	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12

Tabella 8.23 Dati Edificio Nord: armatura copertura 2

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	287,60	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	208,12	351,64	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
97,48	309,97	309,97	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	261,78	351,64	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
406,17	177,03	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32

Tabella 8.24 Dati Edificio Nord: armatura copertura 3

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	335,61	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	252,63	351,64	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
97,48	360,24	360,24	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	341,35	351,64	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
406,17	255,73	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32

Tabella 8.25 Dati Edificio Nord: armatura copertura 4

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	324,89	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	214,33	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
97,48	373,62	373,62	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
351,64	198,65	351,64	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12
406,17	186,42	406,17	4,00	8,00	4	+	4	Φ	8	402,12

Tabella 8.26 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 2

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	481,66	481,66	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	359,27	359,27	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
97,48	547,97	547,97	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	508,74	508,74	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
406,17	339,82	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32

Tabella 8.27 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 3

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	563,32	563,32	4,00	12,00	4	+	4	Φ	12	904,78
351,64	441,19	441,19	4,00	12,00	4	+	4	Φ	12	904,78
97,48	638,48	638,48	4,00	12,00	4	+	4	Φ	12	904,78
351,64	673,45	673,45	4,00	12,00	4	+	4	Φ	12	904,78
406,17	476,75	476,75	4,00	12,00	4	+	4	Φ	12	904,78

Tabella 8.28 Dati Edificio Nord: armatura interpiano 4

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
480,35	417,86	480,35	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
415,87	292,26	415,87	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
115,28	480,01	480,01	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
415,87	363,25	415,87	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
480,35	204,03	480,35	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32

Tabella 8.29 Dati Edificio Sud: armatura copertura

$A_{s,min}$ [mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]	$A_{s,rif}$ [mm ²]	n_{barre}	Φ	codice			$A_{s,prov}$ [mm ²]		
406,17	412,94	412,94	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	291,32	351,64	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
97,48	473,38	473,38	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
351,64	361,18	361,18	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32
406,17	199,08	406,17	4,00	10,00	4	+	4	Φ	10	628,32

Tabella 8.30 Dati Edificio Sud: armatura interpiano

8.5.4 Verifica allo SLU per flessione

Con riferimento alle ipotesi fatte e ai calcoli svolti nel paragrafo precedente si considerano nuovamente le sezioni critiche.

Per prima cosa si corregge la posizione dell'asse neutro, la quale risulterà diversa dalla precedente in quanto si considera ora la situazione reale e non fittizia-ideale, utilizzando quindi l'area dell'acciaio realmente impiegata, la cui presenza va a modificare la posizione dell'asse.

$$x = \frac{f_{yd} A_{s,prov}}{b (0,8 f_{cd})}$$

Dove:

- $A_{s,prov}$ rappresenta l'area di acciaio in barre effettivamente fornita.

Si noti come nella precedente formula si debba correggere il valore f_{cd} come prescritto da

normativa (NTC 2008 §4.1.2.1.1.1.): infatti per elementi piani gettati in opera con calcestruzzi ordinari e con spessori minori di 50 mm è necessario ridurre la resistenza di calcolo del 20% . Per l'ipotesi di rottura del calcestruzzo compresso con acciaio snervato (ipotesi di rottura bilanciata) si deve verificare che:

$$\xi = \frac{x}{d} < \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}$$

Dove:

- ξ rappresenta la posizione adimensionalizzata dell'asse neutro;
- ε_{yd} rappresenta la deformazione che si ha quando l'armatura è sottoposta a carico di snervamento ed è pari al $19,6\%$;
- ε_{cu} rappresenta deformazione di rottura del materiale pari a 35% .

Il valore ε_{yd} viene calcolato come il rapporto tra f_{yd} , valore di calcolo della tensione di snervamento delle barre e il modulo elastico dell'acciaio preso pari a 200000 N/mm^2 . Il valore f_{yd} viene a sua volta estrapolato dal valore caratteristico di resistenza a trazione dell'acciaio f_{yk} pari a 450 N/mm^2 che viene diviso per il coefficiente di sicurezza pari a $1,15$. Si ricorda che tutti i parametri presi in considerazione si riferiscono ad acciaio per armature tipo $B450C$: sotto queste condizioni, il rapporto $\varepsilon_{yd}/\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}$ risulta essere pari a $0,64$. Analizzando il momento flettente a cui il solaio dimensionato è capace di resistere, si è scritto l'equilibrio alla rotazione:

$$M_{Rd} = A_{s,prov} f_{yd} (d - 0,4 x)$$

Dove:

- M_{Rd} rappresenta il momento flettente resistente del solaio.

E tale valore dovrà essere superiore al momento flettente che interessa il pacchetto solaio:

$$M_{Rd} > M_{Ed \max tot}$$

Dove:

- $M_{Ed \max tot}$ rappresenta il momento flettente al quale si sottopone il pacchetto solaio.

Nelle tabelle relative alla pagina seguente vengono visualizzati i risultati ottenuti.

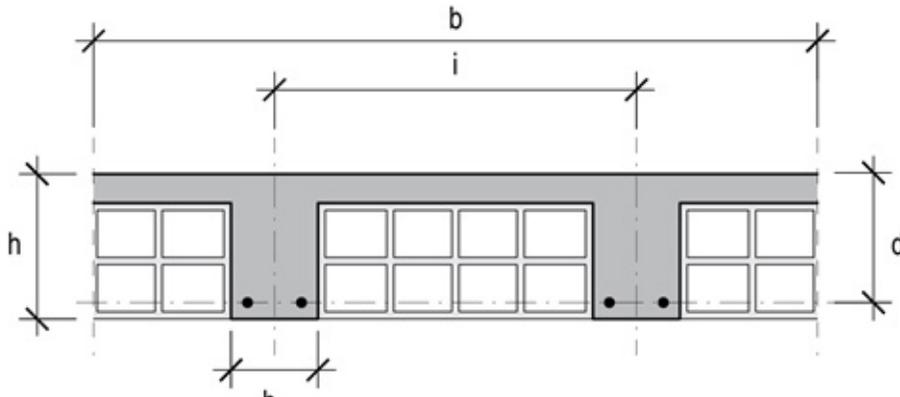


Figura 8.5 Sezioni critiche 1

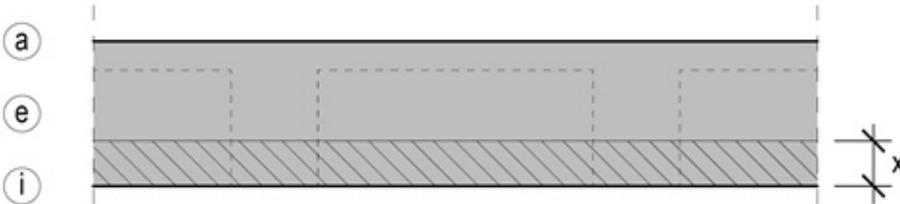


Figura 8.6 Sezioni critiche 2



Figura 8.7 Sezioni critiche 3

$A_{s,prov}$ [mm ²]	x [mm]	ξ	verifica	M_{rd}	verifica
402,12	13,85	0,06	ok	33,59	ok
402,12	57,71	0,26	ok	30,83	ok
402,12	17,31	0,08	ok	33,37	ok
402,12	57,71	0,26	ok	30,83	ok
402,12	13,85	0,06	ok	33,59	ok

Tabella 8.31 Edificio Nord: verifica copertura 1 e 2; interpiano 2

$A_{s,prov}$ [mm ²]	x [mm]	ξ	verifica	M_{rd}	verifica
628,32	21,64	0,10	ok	51,72	ok
628,32	90,18	0,41	ok	44,98	ok
628,32	27,05	0,12	ok	51,18	ok
628,32	90,18	0,41	ok	44,98	ok
628,32	21,64	0,10	ok	51,72	ok

Tabella 8.32 Edificio Nord: verifica copertura 3 e 4; interpiano 3
Edificio Sud: verifica copertura ed interpiano

$A_{s,prov}$ [mm ²]	x [mm]	ξ	verifica	M_{rd}	verifica
904,78	31,17	0,14	ok	73,12	ok
904,78	129,86	0,59	ok	59,15	ok
904,78	38,96	0,18	ok	72,02	ok
904,78	129,86	0,59	ok	59,15	ok
904,78	31,17	0,14	ok	73,12	ok

Tabella 8.33 Edificio Nord: verifica interpiano 4

8.5.5 Verifica allo SLE : tensioni nei materiali

Le NTC 2008 (§4.1.2.2.5) prescrivono di valutare le tensioni nel conglomerato e nell'armatura quali prodotte sia dalla combinazione caratteristica (rara) sia dalla combinazione quasi permanente delle azioni, da confrontarsi con valori massimi consentiti, definiti in funzione della combinazione di azioni considerata. Si è proceduto pertanto con i calcoli relativi alla verifica dello stato tensionale nei materiali nelle sezioni precedentemente individuate quali significative, sulla base dei valori di momento flettente in esse calcolati per le diverse combinazioni di cui alle pagine precedenti.

Scrivendo l'equilibrio alla traslazione è stato possibile determinare la nuova posizione dell'asse neutro:

$$0,5 \sigma_c b x - \sigma_s A_s = 0$$

Dove:

- A_s rappresenta l'area di acciaio in barre fornita;
- σ_c rappresenta il valore dello sforzo nel conglomerato;
- σ_s rappresenta il valore dello sforzo nell'acciaio.

ciaio.

Sostituendo la relazione derivante dall'ipotesi di planarità della sezione combinata con quella di perfetta aderenza ed elasticità dei materiali (trascurando la resistenza a trazione del calcestruzzo teso):

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c \frac{d - x}{x}$$

Dove:

- α_e rappresenta il coefficiente di omogeneizzazione fra i moduli di elasticità di acciaio e calcestruzzo, pari a 15 come prescritto nella circolare applicativa delle NTC 2008 §C.4.1.2.2.5).

Sostituendo quest'ultima relazione in quella precedentemente trovata si ottiene la seguente:

$$0,5 b x^2 + \alpha_e A_s x - \alpha_e A_s d = 0$$

Da cui è possibile ricavare la posizione dell'asse neutro, che verrà utilizzata per il calcolo dei valori di sforzo sia nell'acciaio sia nel calcestruzzo. Scrivendo l'equilibrio alla rotazione rispetto al baricentro delle trazioni si ha:

$$\sigma_c = \frac{2 M_{Ed \max tot}}{b x \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$

Si ricava infine il valore di sforzo nell'acciaio attraverso la relazione di proporzionalità precedentemente richiamata. I valori che verranno calcolati andranno confrontati con dei limiti stabiliti da normativa: gli sforzi nel conglomerato dovranno essere inferiori a n_1 volte il valore caratteristico di resistenza a compressione del calcestruzzo, mentre quelli nell'acciaio dovranno

rispettare il limite di n_2 volte il valore di tensione di trazione ammissibile nelle armature ordinarie come prescritto da EC2 §7.2 e NTC 2008 §4.1.2.2.5.1.

$$\sigma_c < n_1 f_{ck}$$

$$\sigma_s < n_2 f_{yk}$$

Dove:

- n_1 sarà pari a 0,6 per il caso di combinazione rara e 0,45 per combinazione quasi permanente;
- n_2 sarà pari a 0,8 sia per il caso di combinazione rara che quasi permanente.

Questo procedimento è ripetibile in tutte le sezioni critiche ma va sviluppato in maniera differente nella sezione sottoposta a massimo momento flettente, in quanto in questo caso la porzione di sezione del solaio soggetta a compressione è a forma di doppia T. Analogamente a prima si ha, scrivendo l'equilibrio alla traslazione:

$$0,5 (\sigma_c + \sigma'_c) b t + 0,5 \sigma'_c b_w (x - t) - \sigma_s A_s = 0$$

Dove:

- σ'_c rappresenta il valore di sforzo nella quota della risega della soletta della nervatura.

Mentre gli altri simboli hanno i significati già visti. Note le relazioni:

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c \frac{d - x}{x}$$

$$\sigma'_c = \sigma_c \frac{x - t}{x}$$

È stato possibile sostituirla alla precedente formula, ottenendo un'equazione di secondo grado da cui si otterrà la posizione dell'asse neutro:

$$0,5 b_w x^2 + (\alpha_e A_s + b t - b_w t) x - \alpha_e A_s d - 0,5 (b - b_w) t^2 = 0$$

Si è calcolato quindi il momento di inerzia della sezione parzializzata rispetto all'asse neutro:

$$I_{ci^*} = \frac{b t^3}{12} + b t (x - t)^2 + b_w \frac{(x - t)^3}{3} + \alpha_e A_s (d - x)^2$$

Dove:

- I_{ci^*} rappresenta il momento di inerzia della sezione parzializzata rispetto all'asse neutro, che in tutti i casi analizzati risulta essere pari a $1,16 \times 10^8 \text{ mm}^4$.

E gli altri simboli hanno i significati già visti. È stato così possibile determinare gli sforzi cui sono soggetti i materiali:

$$\sigma_c = \frac{M_{Ed \max tot}}{I_{ci^*}} x$$

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c \frac{d - x}{x}$$

I valori calcolati sono stati confrontati come nel caso precedente con i limiti posti da normativa. Si noti come, nel caso di sezione sottoposta a massimo momento flettente, viene decrementato del 20% il valore limite in modo tale da avere una verifica più restrittiva, in accordo con le NTC 2008 §4.1.2.2.5.1 che prevedono tale decremento per solette gettate in opera con calcestruzzi ordinari e spessori inferiori a 50 mm.

Nelle tabelle a fianco vengono riassunti i valori trovati e verificati per le diverse sezioni e combinazioni di carico.

$M_{Ed \max tot}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	1,57	ok	88,99	ok
402,12	240,00	82,76	2,09	ok	51,52	ok
402,12	1000,00	45,98	1,96	ok	110,86	ok
402,12	240,00	82,76	3,34	ok	82,49	ok
402,12	1000,00	45,72	2,91	ok	165,57	ok

$M_{Ed \max tot}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	1,48	ok	84,05	ok
402,12	240,00	82,76	1,97	ok	48,66	ok
402,12	1000,00	45,98	1,84	ok	103,83	ok
402,12	240,00	82,76	3,16	ok	77,91	ok
402,12	1000,00	45,72	2,75	ok	156,39	ok

Tabella 8.34 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 1

Tabella 8.35 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 1

$M_{Ed \max tot}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	1,57	ok	88,99	ok
402,12	240,00	82,76	2,09	ok	51,52	ok
402,12	1000,00	45,98	1,96	ok	110,86	ok
402,12	240,00	82,76	3,34	ok	82,49	ok
402,12	1000,00	45,72	2,91	ok	165,57	ok

$M_{Ed \max tot}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	2,38	ok	135,12	ok
402,12	240,00	82,76	3,70	ok	91,42	ok
402,12	1000,00	45,98	2,90	ok	163,92	ok
402,12	240,00	82,76	2,66	ok	65,77	ok
402,12	1000,00	45,72	1,20	ok	68,47	ok

Tabella 8.36 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 2

Tabella 8.37 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 2

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	3,09	ok	136,55	ok
628,32	240,00	97,63	5,49	ok	102,31	ok
628,32	1000,00	57,23	3,97	ok	168,18	ok
628,32	240,00	97,63	6,67	ok	124,31	ok
628,32	1000,00	55,51	1,86	ok	82,03	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	2,92	ok	128,98	ok
628,32	240,00	97,63	5,18	ok	96,63	ok
628,32	1000,00	57,23	3,72	ok	157,53	ok
628,32	240,00	97,63	6,20	ok	115,62	ok
628,32	1000,00	55,51	1,71	ok	75,57	ok

Tabella 8.38 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 3

Tabella 8.39 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 3

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	3,60	ok	158,85	ok
628,32	240,00	97,63	6,58	ok	122,66	ok
628,32	1000,00	57,23	4,59	ok	194,82	ok
628,32	240,00	97,63	8,52	ok	158,96	ok
628,32	1000,00	55,51	2,69	ok	118,85	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	3,40	ok	150,04	ok
628,32	240,00	97,63	6,21	ok	115,85	ok
628,32	1000,00	57,23	4,30	ok	182,47	ok
628,32	240,00	97,63	7,95	ok	148,21	ok
628,32	1000,00	55,51	2,49	ok	110,21	ok

Tabella 8.40 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara copertura 4

Tabella 8.41 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura 4

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	4,06	ok	230,79	ok
402,12	240,00	82,76	6,32	ok	156,15	ok
402,12	1000,00	45,98	5,27	ok	297,72	ok
402,12	240,00	82,76	5,72	ok	141,32	ok
402,12	1000,00	45,72	2,31	ok	131,57	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
402,12	1000,00	45,72	2,94	ok	167,31	ok
402,12	240,00	82,76	4,58	ok	113,20	ok
402,12	1000,00	45,98	3,70	ok	208,91	ok
402,12	240,00	82,76	3,69	ok	91,19	ok
402,12	1000,00	45,72	1,58	ok	89,70	ok

Tabella 8.42 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 2

Tabella 8.43 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 2

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	4,99	ok	220,30	ok
628,32	240,00	97,63	8,85	ok	165,06	ok
628,32	1000,00	57,23	6,75	ok	286,22	ok
628,32	240,00	97,63	11,82	ok	220,42	ok
628,32	1000,00	55,51	3,47	ok	153,46	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	3,62	ok	159,71	ok
628,32	240,00	97,63	6,42	ok	119,66	ok
628,32	1000,00	57,23	4,73	ok	200,75	ok
628,32	240,00	97,63	8,09	ok	150,89	ok
628,32	1000,00	55,51	2,30	ok	101,78	ok

Tabella 8.44 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 3

Tabella 8.45 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 3

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
904,78	1000,00	64,71	5,05	ok	180,74	ok
904,78	240,00	110,68	9,58	ok	140,70	ok
904,78	1000,00	68,58	7,14	ok	234,79	ok
904,78	240,00	110,68	13,46	ok	197,54	ok
904,78	1000,00	64,71	4,23	ok	151,25	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
904,78	1000,00	64,71	3,66	ok	131,03	ok
904,78	240,00	110,68	6,95	ok	102,00	ok
904,78	1000,00	68,58	5,01	ok	164,72	ok
904,78	240,00	110,68	9,29	ok	136,39	ok
904,78	1000,00	64,71	2,87	ok	102,46	ok

Tabella 8.46 Edificio Nord: verifica tensionale SLE rara interpiano 4

Tabella 8.47 Edificio Nord: verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano 4

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
904,78	1000,00	64,71	5,05	ok	180,74	ok
904,78	240,00	110,68	9,58	ok	140,70	ok
904,78	1000,00	68,58	7,14	ok	234,79	ok
904,78	240,00	110,68	13,46	ok	197,54	ok
904,78	1000,00	64,71	4,23	ok	151,25	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
904,78	1000,00	64,71	3,66	ok	131,03	ok
904,78	240,00	110,68	6,95	ok	102,00	ok
904,78	1000,00	68,58	5,01	ok	164,72	ok
904,78	240,00	110,68	9,29	ok	136,39	ok
904,78	1000,00	64,71	2,87	ok	102,46	ok

Tabella 8.48 Edificio Sud: verifica tensionale SLE rara copertura

Tabella 8.49 Edificio Sud: verifica tensionale SLE quasi permanente copertura

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	4,29	ok	189,47	ok
628,32	240,00	97,63	7,31	ok	136,30	ok
628,32	1000,00	57,23	5,85	ok	248,18	ok
628,32	240,00	97,63	8,72	ok	162,67	ok
628,32	1000,00	55,51	2,03	ok	89,47	ok

$M_{Ed \text{ Max tot}}$	b [mm]	x_1 [mm]	σ_c	verifica	σ_s	verifica
628,32	1000,00	55,51	3,15	ok	138,99	ok
628,32	240,00	97,63	5,36	ok	99,99	ok
628,32	1000,00	57,23	4,16	ok	176,59	ok
628,32	240,00	97,63	5,98	ok	111,44	ok
628,32	1000,00	55,51	1,30	ok	57,24	ok

Tabella 8.50 Edificio Sud: verifica tensionale SLE rara interpiano

Tabella 8.51 Edificio Sud verifica tensionale SLE quasi permanente interpiano

8.6 Dimensionamento delle travi

8.5.6 Verifica allo SLE : stato limite di fessurazione

La verifica alla fessurazione è stata eseguita per via indiretta (*NTC 2008* §4.1.2.2.4.6), nella ipotesi che nella sezione sia stata disposta un'armatura almeno pari a quella minima. La verifica viene soddisfatta confrontando i

valori di tensione nell'armatura, calcolati sotto la combinazione delle azioni pertinente allo stato limite di fessurazione che si deve verificare in funzione delle condizioni ambientali e della sensibilità delle armature alla corrosione, con valori di tensione limite dati in funzione della massima ampiezza di fessura ammissibile e della spaziatura delle barre sulla sezione.

Per l'edificio in oggetto si è ipotizzata una condizione ambientale ordinaria e quindi una classe di esposizione X_0 (calcestruzzo semplice senza attacchi in ambiente molto asciutto), che non implica alcun tipo di corrosione per le armature (di tipo poco sensibile alla corrosione). Secondo le normative EN 206-1 – "Calcestruzzi – prestazioni, produzione, posa in opera e criteri di conformità" e EN 1992-1-1:2004 si ha:

Classe	σ_{c-} [N/mm ²]	σ_{c+} [N/mm ²]	σ_{s2} [N/mm ²]	σ_{s3} [N/mm ²]	W_2 [mm]	W_3 [mm]
X0	11,20	9,52	280,00	320,00	0,30	0,40

Tabella 8.52 Valore per la verifica di fessurazione

I valori imposti implicano un limite geometrico di spaziatura tra le barre pari a 150 mm , distanza da tenere in considerazione solo quando si arma superiormente il solaio poiché la larghezza delle nervature impedisce il superamento di questo limite. Inizialmente ci si riferisce allo stato limite delle compressioni del calcestruzzo in esercizio con valore ammissibile di tensione pari a $11,2\text{ N/mm}^2$; tale valore verrà utilizzato nella verifica per le sezioni interessate da momento negativo mentre verrà corretto da un fattore $0,85$ per le sezioni a momento positivo.

Il valore di coefficiente è dato dalla geometria e dai componenti del solaio.

Le combinazioni di carico allo SLE da utilizzare sono la combinazione frequente, per la quale i valori da verificare vengono indicati con pedice 2 e la combinazione quasi permanente, per la quale i valori da verificare vengono indicati con pedice 3.

In tutti i casi, si è ottenuto che le tensioni di progetto sono risultate inferiori a quelle indicate da normativa: è quindi possibile garantire delle ampiezze di fessurazione inferiori a quelle prescritte.

Per lo studio delle forze agenti sulla trave, è stato necessario fare riferimento all'analisi degli involucri di carico per ricavare le combinazioni di carico che generano le maggiori e più gravose sollecitazioni sulla struttura in questione. Gli schemi statici propri di ogni trave sono stati sviluppati attraverso l'uso del software di calcolo agli elementi finiti *Ftool*, così da ottenere rapidamente gli involucri appartenenti ad ogni caso, che successivamente sono stati confrontati per ottenere il caso peggiore relativo ad ogni trave, sul quale è stata effettuata la verifica.

All'interno di tale soluzione statica, gli appoggi, che precedentemente nell'analisi degli involucri relativi ai solai rappresentavano le travi, sono identificabili nei pilastri del telaio oggetto di studio. Per quanto concerne i carichi agenti, essi sono stati considerati come uniformemente distribuiti sull'intera luce della campata, secondo le differenti combinazioni statiche che saranno illustrate successivamente, suddivisi principalmente in pesi strutturali propri e in carichi accidentali. Infine, poiché tutte le travi si presentano simmetriche, la verifica è stata effettuata solo sulla metà sinistra dell'elemento.

8.6.1 Analisi dei diagrammi d'involuppo

Per il corretto dimensionamento e verifica delle armature della trave principale interpiano secondo le prescrizioni delle *NTC 2008* allo Stato Limite Ultimo (*SLU*) e allo Stato Limite d'Esercizio (*SLE*), si è fatto riferimento ad un'accurata analisi dei diagrammi d'involuppo associati ai momenti agenti sull'elemento strutturale, ricavati tramite i metodi risolutivi illustrati nei paragrafi precedenti. Da tali schemi, infatti, si sono ricavati i valori degli estremanti locali associati

all'azione flettente (massimi e minimi), necessari per le successive verifiche statiche. In particolare, analizzando l'andamento dei momenti sullo schema statico della trave a sei campate in continuità, si è verificato come i valori massimi siano presenti in corrispondenza degli appoggi, mentre i valori minimi variano di collocazione sulla luce delle differenti campate. Convenzionalmente, nel caso in oggetto, si è deciso di considerare come positive le azioni flettenti che tendono le fibre superiori dell'elemento strutturale; contestualmente, i momenti responsabili della tensione delle fibre inferiori assumono valore negativo.

Come detto in precedenza, gli involucri propri di ogni trave sono stati sviluppati tramite *Ftool*. Una volta eseguita tale operazione, si sono confrontati tra loro tali valori estremanti associati al diagramma d'involuppo delle singole configurazioni di carico, ricavando in questo modo i momenti massimi e minimi per ogni schema. Successivamente, si è proceduto al confronto di tali valori tra loro, per giungere all'identificazione degli effettivi valori estremanti necessari per dimensionamento e verifiche.

L'analisi dei diagrammi ha inoltre permesso di eseguire alcune semplificazioni sui casi ottenuti, riducendoli a cinque casi-tipo: tre per l'Edificio Nord, due per l'Edificio Sud.

Sezione	X [m]	M_{Ed} [kNm]	$ M_{Ed} $ [kNm]
A	0,00	136,40	136,40
B	0,56	69,69	69,69
C	1,12	18,08	18,08
D	1,68	-20,46	20,46
E	2,24	-47,22	47,22
F	2,80	-62,99	62,99
G	3,35	-68,20	68,20

Tabella 8.53 Edificio Nord: momenti flettenti copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	X [m]	M _{Ed} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	0,00	254,60	254,60
B	0,58	123,89	123,89
C	1,15	31,32	31,32
D	1,73	-35,77	35,77
E	2,30	-83,17	83,17
F	2,88	-113,92	113,92
G	3,45	-129,66	129,66
H	4,03	-131,15	131,15
I	4,60	-116,45	116,45
J	5,18	-90,97	90,97
K	5,75	76,35	76,35
L	6,90	203,70	203,70

Tabella 8.54 Edificio Nord: momenti flettenti copertura ed interpiano 4

Sezione	X [m]	M _{Ed} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	0,00	84,20	84,20
B	0,59	37,38	37,38
C	1,18	2,05	2,05
D	1,77	-22,65	22,65
E	2,36	-37,28	37,28
F	2,95	-42,10	42,10

Tabella 8.55 Edificio Nord: momenti flettenti copertura 1

Sezione	X [m]	M _{Ed} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	0,00	249,00	249,00
B	0,69	34,49	34,49
C	1,38	-55,45	55,45
D	2,07	-97,96	97,96
E	2,76	-122,25	122,25
F	3,45	-132,02	132,02
G	4,14	-128,45	128,45
H	4,83	-111,13	111,13
I	5,52	-77,74	77,74
J	6,21	48,45	48,45
K	6,90	162,10	162,10
L	8,13	88,73	88,73
M	9,35	79,55	79,55
N	10,58	-81,84	81,84
O	11,80	-88,65	88,65

Tabella 8.56 Edificio Sud: momenti flettenti copertura

Sezione	X [m]	M _{Ed} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	0,00	210,30	210,30
B	0,69	45,09	45,09
C	1,38	-30,07	30,07
D	2,07	-73,49	73,49
E	2,76	-99,01	99,01
F	3,45	-110,33	110,33
G	4,14	-108,73	108,73
H	4,83	-59,04	59,04
I	5,52	-64,52	64,52
J	6,21	40,89	40,89
K	6,90	136,90	136,90
L	8,13	74,96	74,96
M	9,35	67,20	67,20
N	10,58	-68,70	68,70
O	11,80	-74,90	74,90

Tabella 8.57 Edificio Sud: momenti flettenti interpiano

8.6.2 Predimensionamento delle armature allo Stato Limite Ultimo

Conseguentemente alla ricerca dei valori critici di massimo e minimo delle azioni flettenti agenti sullo schema strutturale considerato, si è effettuato il predimensionamento delle armature longitudinali della trave di spina, rispettando le prescrizioni delle *NTC 2008*, in particolar modo facendo riferimento alle verifiche allo Stato Limite Ultimo (*SLU*). Elemento essenziale per poter procedere in tal senso è riconducibile alla determinazione della posizione dell'asse neutro rispetto alla sezione della trave, individuato tramite il termine x ; si è dunque inizialmente proceduto tramite la trascrizione dell'equilibrio alla rotazione riguardante la sezione di trave considerata:

$$M_{Ed} = 0,8 b x f_{cd}(d - 0,4 x)$$

Dove:

- M_{Ed} è il momento flettente agente sulla trave principale di spina [kNm];
- b è la larghezza della sezione di trave considerata, pari a 300 mm;
- x è la posizione dell'asse neutro relativo alla sezione di trave considerata [mm];
- f_{cd} è la resistenza di calcolo a compressione per elementi in calcestruzzo, dato dalla formula $f_{cd} = (\alpha_{cc} \cdot f_{ck}) / \gamma_c$ [N/mm²], dove:
 - α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata, assunto pari a 0,85;
 - γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, assunto pari a 1,5;
 - f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni [N/mm²].
- d è l'altezza utile della sezione considerata, pari a $a - c$ [mm], dove:
 - a è l'altezza della sezione di trave considerata [mm];
 - c è il copriferro, da normati va pari a 25 mm.

La relazione precedentemente illustrata, tramite opportune semplificazioni, è riconducibile ad una equazione algebrica di secondo grado; mediante la sua soluzione, è stato possibile ricavare il valore della posizione dell'asse neutro x , unica incognita all'interno dell'equilibrio alla rotazione.

Sezione	$ M_{Ed} $ [kNm]	b [mm]	d [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	x_2 [mm]
A	136,40	250,00	375,00	19,83	103,02
B	69,69	250,00	375,00	19,83	49,46
C	18,08	250,00	375,00	19,83	12,32
D	20,46	250,00	375,00	19,83	13,96
E	47,22	250,00	375,00	19,83	32,90
F	62,99	250,00	375,00	19,83	44,45
G	68,20	250,00	375,00	19,83	48,34

Tabella 8.58 Edificio Nord: assi neutri copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	$ M_{Ed} $ [kNm]	b [mm]	d [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	x_2 [mm]
A	254,60	300,00	475,00	19,83	125,97
B	123,89	300,00	475,00	19,83	57,59
C	31,32	300,00	475,00	19,83	14,02
D	35,77	300,00	475,00	19,83	16,04
E	83,17	300,00	475,00	19,83	38,00
F	113,92	300,00	475,00	19,83	52,73
G	129,66	300,00	475,00	19,83	60,42
H	131,15	300,00	475,00	19,83	61,15
I	116,45	300,00	475,00	19,83	53,96
J	90,97	300,00	475,00	19,83	41,70
K	76,35	300,00	475,00	19,83	34,79
L	203,70	300,00	475,00	19,83	98,22

Tabella 8.59 Edificio Nord: assi neutri copertura ed interpiano 4

Sezione	$ M_{Ed} $ [kNm]	b [mm]	d [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	x_2 [mm]
A	84,20	200,00	325,00	19,83	92,08
B	37,38	200,00	325,00	19,83	38,02
C	2,05	200,00	325,00	19,83	1,99
D	22,65	200,00	325,00	19,83	22,59
E	37,28	200,00	325,00	19,83	37,92
F	42,10	200,00	325,00	19,83	43,11

Tabella 8.60 Edificio Nord: assi neutri copertura 1

Sezione	$ M_{Ed} $ [kNm]	b [mm]	d [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	x_2 [mm]
A	249,00	300,00	575,00	19,83	97,60
B	34,49	300,00	575,00	19,83	12,71
C	55,45	300,00	575,00	19,83	20,55
D	97,96	300,00	575,00	19,83	36,73
E	122,25	300,00	575,00	19,83	46,15
F	132,02	300,00	575,00	19,83	49,97
G	128,45	300,00	575,00	19,83	48,57
H	111,13	300,00	575,00	19,83	41,82
I	77,74	300,00	575,00	19,83	28,99
J	48,45	300,00	575,00	19,83	17,93
K	162,10	300,00	575,00	19,83	61,89
L	88,73	300,00	575,00	19,83	33,18
M	79,55	300,00	575,00	19,83	29,68
N	81,84	300,00	575,00	19,83	30,55
O	88,65	300,00	575,00	19,83	33,15

Tabella 8.61 Edificio Sud: assi neutri copertura

Sezione	$ M_{Ed} $ [kNm]	b [mm]	d [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	x_2 [mm]
A	210,30	300,00	575,00	19,83	81,45
B	45,09	300,00	575,00	19,83	16,67
C	30,07	300,00	575,00	19,83	11,07
D	73,49	300,00	575,00	19,83	27,37
E	99,01	300,00	575,00	19,83	37,13
F	110,33	300,00	575,00	19,83	41,51
G	108,73	300,00	575,00	19,83	40,89
H	59,04	300,00	575,00	19,83	21,90
I	64,52	300,00	575,00	19,83	23,97
J	40,89	300,00	575,00	19,83	15,10
K	136,90	300,00	575,00	19,83	51,89
L	74,96	300,00	575,00	19,83	27,93
M	67,20	300,00	575,00	19,83	24,99
N	68,70	300,00	575,00	19,83	25,55
O	74,90	300,00	575,00	19,83	27,91

Tabella 8.62 Edificio Sud: assi neutri interpiano

Una volta ottenuto tale valore, si è proceduto nell'identificazione dell'area d'armatura longitudinale in zona tesa dell'elemento strutturale considerato; facendo riferimento alle *NTC 2008*, in particolare al paragrafo § 4.1.6.1.1, è stato possibile individuare il valore minimo dell'area di armatura necessario per soddisfare le prescrizioni legislative. Per effettuare tale operazione, si è impiegata la relazione:

$$A_{s,min} = 0,26 \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} b_t d \leq 0,013 b_t d$$

Dove:

- $A_{s,min}$ rappresenta l'area minima d'armatura longitudinale in zona tesa dell'elemento strutturale [mm²]
- b_t rappresenta la larghezza media della zona tesa; dal momento che nel caso in oggetto si è ipotizzato l'impiego di una trave a sezione rettangolare, si suppone $b_t = b$, dove b è la larghezza della sezione tesa dell'elemento strutturale [mm];
- f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione assiale del calcestruzzo, definita nel paragrafo § 11.2.10.2 delle *NTC 2008* tramite la relazione: $f_{ctm} = 0,30 f_{ck}^{2/3}$, dove f_{ck} è la resistenza caratteristica del calcestruzzo, per calcestruzzi di classe inferiore a *C 50/60*, pari a 2,60 N/mm²;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura ordinaria [N/mm²].

In seguito, è stato necessario ricavare il valore dell'area di acciaio effettivamente richiesta in fase preliminare per la progettazione delle armature della trave principale tramite la relazione:

$$A_{s,req} = \frac{0,8 b x f_{cd}}{f_{yd}} \geq A_{s,min}$$

f_{ctm} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	b_t [mm]	d [mm]	$A_{s,min}$ [mm ²]
2,60	450,00	250,00	375,00	140,83

Tabella 8.63 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura ed inter piano 2 e 3

f_{ctm} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	b_t [mm]	d [mm]	$A_{s,min}$ [mm ²]
2,60	450,00	300,00	475,00	214,07

Tabella 8.64 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura ed inter piano 4

f_{ctm} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	b_t [mm]	d [mm]	$A_{s,min}$ [mm ²]
2,60	450,00	200,00	325,00	97,64

Tabella 8.65 Edificio Nord: aree minime di acciaio copertura 1

f_{ctm} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	b_t [mm]	d [mm]	$A_{s,min}$ [mm ²]
2,60	450,00	300,00	575,00	259,13

Tabella 8.66 Edificio Sud: aree minime di acciaio copertura ed inter piano

Sezione	b [mm]	x_2 [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{vd} [N/mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
A	250,00	103,02	19,83	391,30	1044,31
B	250,00	49,46	19,83	391,30	501,38
C	250,00	12,32	19,83	391,30	124,85
D	250,00	13,96	19,83	391,30	141,54
E	250,00	32,90	19,83	391,30	333,50
F	250,00	44,45	19,83	391,30	450,64
G	250,00	48,34	19,83	391,30	490,04

Tabella 8.67 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura ed inter piano 2 e 3

Sezione	b [mm]	x_2 [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{vd} [N/mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
A	300,00	125,97	19,83	391,30	1532,34
B	300,00	57,59	19,83	391,30	700,52
C	300,00	14,02	19,83	391,30	170,52
D	300,00	16,04	19,83	391,30	195,08
E	300,00	38,00	19,83	391,30	462,26
F	300,00	52,73	19,83	391,30	641,39
G	300,00	60,42	19,83	391,30	734,99
H	300,00	61,15	19,83	391,30	743,92
I	300,00	53,96	19,83	391,30	656,34
J	300,00	41,70	19,83	391,30	507,25
K	300,00	34,79	19,83	391,30	423,17
L	300,00	98,22	19,83	391,30	1194,76

Tabella 8.68 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura ed inter piano 4

Sezione	b [mm]	x_2 [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{vd} [N/mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
A	200,00	92,08	19,83	391,30	746,71
B	200,00	38,02	19,83	391,30	308,36
C	200,00	1,99	19,83	391,30	16,16
D	200,00	22,59	19,83	391,30	183,20
E	200,00	37,92	19,83	391,30	307,49
F	200,00	43,11	19,83	391,30	349,59

Tabella 8.69 Edificio Nord: aree richieste di acciaio copertura 1

Sezione	b [mm]	x_2 [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{vd} [N/mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
A	300,00	97,60	19,83	391,30	1187,29
B	300,00	12,71	19,83	391,30	154,66
C	300,00	20,55	19,83	391,30	250,00
D	300,00	36,73	19,83	391,30	446,80
E	300,00	46,15	19,83	391,30	561,36
F	300,00	49,97	19,83	391,30	607,87
G	300,00	48,57	19,83	391,30	590,86
H	300,00	41,82	19,83	391,30	508,72
I	300,00	28,99	19,83	391,30	352,60
J	300,00	17,93	19,83	391,30	218,05
K	300,00	61,89	19,83	391,30	752,87
L	300,00	33,18	19,83	391,30	403,68
M	300,00	29,68	19,83	391,30	361,01
N	300,00	30,55	19,83	391,30	371,64
O	300,00	33,15	19,83	391,30	403,31

Tabella 8.70 Edificio Sud: aree richieste di acciaio copertura

Sezione	b [mm]	x_2 [mm]	f_{cd} [N/mm ²]	f_{vd} [N/mm ²]	$A_{s,req}$ [mm ²]
A	300,00	81,45	19,83	391,30	990,82
B	300,00	16,67	19,83	391,30	202,75
C	300,00	11,07	19,83	391,30	134,66
D	300,00	27,37	19,83	391,30	332,94
E	300,00	37,13	19,83	391,30	451,72
F	300,00	41,51	19,83	391,30	504,92
G	300,00	40,89	19,83	391,30	497,37
H	300,00	21,90	19,83	391,30	266,46
I	300,00	23,97	19,83	391,30	291,60
J	300,00	15,10	19,83	391,30	183,64
K	300,00	51,89	19,83	391,30	631,24
L	300,00	27,93	19,83	391,30	339,74
M	300,00	24,99	19,83	391,30	303,95
N	300,00	25,55	19,83	391,30	310,84
O	300,00	27,91	19,83	391,30	339,48

Tabella 8.71 Edificio Sud: aree richieste di acciaio inter piano

Dopo aver ricavato i valori $A_{s,min}$ e $A_{s,req}$ necessari per procedere tramite verifica allo Stato Limite Ultimo, è stato possibile effettuare il posizionamento delle barre d'armatura rispetto alla sezione della trave considerata, in funzione delle azioni agenti sull'elemento resistente; in base alla quantità dei ferri d'armatura ipotizzati e, conseguentemente, in funzione dei loro diametri, è stato possibile ricavare l'area totale dell'armatura della trave considerata, definita come $A_{s,d,tot}$ come descritto nella seguente tabella riassuntiva:

Sezione	n	n'	Φ	Φ'	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]
A	4	2	20	20	1256,00
B	3	4	14	14	615,44
C	2	2	10	10	157,00
D	2	2	10	10	157,00
E	3	3	12	12	339,12
F	2	3	14	14	461,58
G	4	2	14	14	615,44

Tabella 8.72 Edificio Nord: armature copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	n	n'	Φ	Φ'	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]
A	7	2	20	20	2198,00
B	4	4	18	18	1017,36
C	2	2	14	14	307,72
D	2	2	12	12	226,08
E	4	3	14	14	615,44
F	4	4	16	16	803,84
G	4	4	18	18	1017,36
H	4	4	18	18	1017,36
I	4	4	18	18	1017,36
J	4	4	16	16	803,84
K	4	3	14	14	615,44
L	7	4	20	20	1256,00

Tabella 8.73 Edificio Nord: armature copertura ed interpiano 4

Sezione	n	n'	Φ	Φ'	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]
A	4	2	16	16	803,84
B	2	3	12	12	339,12
C	2	2	10	10	157,00
D	2	2	12	12	226,08
E	3	2	12	12	339,12
F	2	3	14	14	461,58

Tabella 8.74 Edificio Nord: armature copertura 1

Sezione	n	n'	Φ	Φ'	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]
A	6	2	20	20	1884,00
B	4	4	12	12	452,16
C	2	2	14	14	307,72
D	2	3	14	14	461,58
E	4	2	16	16	803,84
F	2	4	16	16	803,84
G	4	2	16	16	803,84
H	2	4	16	16	803,84
I	4	2	16	16	803,84
J	2	2	14	14	307,72
K	4	2	16	16	803,84
L	2	4	16	16	803,84
M	4	2	16	16	803,84
N	4	2	16	16	803,84
O	4	2	16	16	803,84

Tabella 8.75 Edificio Sud: armature copertura

In cui n rappresenta il numero di barre di armatura inferiori di diametro Φ , mentre n' si riferisce al numero di barre di armatura superiori di diametro Φ' . Ricavata l'area totale effettiva di acciaio, si è effettuata la verifica propriamente detta allo Stato Limite Ultimo (SLU): tale operazione si è caratterizzata per due fasi distinte. Ricordiamo come le ipotesi introdotte in tale operazione siano di acciaio in condizioni di snervamento e di distribuzione uniforme delle compressioni nel calcestruzzo.

In primo luogo, è necessario trovare il nuovo asse neutro riferito all'area effettiva di acciaio utilizzata nella trave, tramite la seguente equazione di equilibrio alla traslazione:

Sezione	n	n'	Φ	Φ'	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]
A	4	2	20	20	1256,00
B	2	4	12	12	452,16
C	2	2	12	12	226,08
D	2	3	12	12	339,12
E	4	2	14	14	615,44
F	2	4	14	14	615,44
G	4	2	16	16	803,84
H	2	4	14	14	615,44
I	4	2	14	14	615,44
J	2	2	14	14	307,72
K	4	3	16	16	803,84
L	2	3	16	16	602,88
M	3	2	14	14	461,58
N	3	2	14	14	461,58
O	3	2	14	14	461,58

Tabella 8.76 Edificio Sud: armature interpiano

$$0,8 b x f_{cd} = A_s f_{yd}$$

Dove tutti i simboli utilizzati sono stati illustrati in precedenza.

In secondo luogo, si rende necessario verificare che per l'ipotesi di rottura del calcestruzzo compresso con acciaio snervato valesse la disuguaglianza:

$$\xi = \frac{x}{d} < \frac{\epsilon_{yd}}{\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd}}$$

Dove:

- ξ rappresenta la posizione adimensionalizzata dell'asse neutro;
- ϵ_{yd} rappresenta la deformazione in presenza di armatura sottoposta a carico di snervamento, pari al 19,6%;
- ϵ_{cu} rappresenta la deformazione di rottura del materiale, pari al 35%.

Per la definizione algebrica dei termini ϵ_{yd} e ϵ_{cu}

si fa riferimento a quanto illustrato nell'analogia verifica strutturale effettuata per le armature del solaio nel capitolo precedente. In riferimento al tipo di acciaio per armature impiegato (B450C), si è stabilito il rapporto $\epsilon_{yd}/(\epsilon_{cu} + \epsilon_{yd})$ pari a 0,64.

Sezione	x_2 [mm]	d [mm]	ξ	ξ_{max}
A	103,02	375,00	0,33	0,64
B	49,46	375,00	0,16	0,64
C	12,32	375,00	0,04	0,64
D	13,96	375,00	0,04	0,64
E	32,90	375,00	0,09	0,64
F	44,45	375,00	0,12	0,64
G	48,34	375,00	0,16	0,64

Tabella 8.77 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	x_2 [mm]	d [mm]	ξ	ξ_{max}
A	125,97	475,00	0,38	0,64
B	57,59	475,00	0,18	0,64
C	14,02	475,00	0,05	0,64
D	16,04	475,00	0,04	0,64
E	38,00	475,00	0,11	0,64
F	52,73	475,00	0,14	0,64
G	60,42	475,00	0,18	0,64
H	61,15	475,00	0,18	0,64
I	53,96	475,00	0,18	0,64
J	41,70	475,00	0,14	0,64
K	34,79	475,00	0,11	0,64
L	98,22	475,00	0,22	0,64

Tabella 8.78 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura ed interpiano 4

Sezione	x_2 [mm]	d [mm]	ξ	ξ_{max}
A	92,08	325,00	0,30	0,64
B	38,02	325,00	0,13	0,64
C	1,99	325,00	0,06	0,64
D	22,59	325,00	0,09	0,64
E	37,92	325,00	0,13	0,64
F	43,11	325,00	0,18	0,64

Tabella 8.79 Edificio Nord: verifica asse neutro copertura 1

Sezione	x ₂ [mm]	d [mm]	ξ	ξ _{max}
A	97,60	575,00	0,27	0,64
B	12,71	575,00	0,06	0,64
C	20,55	575,00	0,04	0,64
D	36,73	575,00	0,07	0,64
E	46,15	575,00	0,11	0,64
F	49,97	575,00	0,11	0,64
G	48,57	575,00	0,11	0,64
H	41,82	575,00	0,11	0,64
I	28,99	575,00	0,11	0,64
J	17,93	575,00	0,04	0,64
K	61,89	575,00	0,11	0,64
L	33,18	575,00	0,11	0,64
M	29,68	575,00	0,11	0,64
N	30,55	575,00	0,11	0,64
O	33,15	575,00	0,11	0,64

Tabella 8.80 Edificio Sud: verifica asse neutro copertura

Sezione	x ₂ [mm]	d [mm]	ξ	ξ _{max}
A	81,45	575,00	0,18	0,64
B	16,67	575,00	0,06	0,64
C	11,07	575,00	0,03	0,64
D	27,37	575,00	0,05	0,64
E	37,13	575,00	0,09	0,64
F	41,51	575,00	0,09	0,64
G	40,89	575,00	0,11	0,64
H	21,90	575,00	0,09	0,64
I	23,97	575,00	0,09	0,64
J	15,10	575,00	0,04	0,64
K	51,89	575,00	0,11	0,64
L	27,93	575,00	0,09	0,64
M	24,99	575,00	0,07	0,64
N	25,55	575,00	0,07	0,64
O	27,91	575,00	0,07	0,64

Tabella 8.81 Edificio Sud: verifica asse neutro interpiano

Infine, si è effettuata l'analisi sul momento flettente a cui la trave principale dimensionata è in grado di resistere; tale operazione è stata possibile impiegando l'equilibrio alla rotazione del tipo:

$$\xi = \frac{x}{d} < \frac{\varepsilon_{yd}}{\varepsilon_{cu} + \varepsilon_{yd}}$$

Dove:

- M_{Rd} è il momento flettente resistente della trave principale di spina ipotizzata [kNm];
- A_{S,d,tot} l'area totale dell'armatura della trave considerata, definita precedentemente [mm²];
- M_{Ed} è il momento flettente agente sulla trave principale di spina ipotizzata [kNm].

Sezione	x ₂ [mm]	d [mm]	A _{s,d,tot} [mm ²]	f _{vd} [N/mm ²]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	103,02	375,00	1256,00	391,30	159,94	136,40
B	49,46	375,00	615,44	391,30	84,46	69,69
C	12,32	375,00	157,00	391,30	22,66	18,08
D	13,96	375,00	157,00	391,30	22,66	20,46
E	32,90	375,00	339,12	391,30	47,99	47,22
F	44,45	375,00	461,58	391,30	64,44	62,99
G	48,34	375,00	615,44	391,30	84,46	68,20

Tabella 8.82 Edificio Nord: verifica momento copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	x ₂ [mm]	d [mm]	A _{s,d,tot} [mm ²]	f _{vd} [N/mm ²]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	125,97	475,00	2198,00	391,30	346,37	254,60
B	57,59	475,00	1017,36	391,30	175,78	123,89
C	14,02	475,00	307,72	391,30	55,98	31,32
D	16,04	475,00	226,08	391,30	41,36	35,77
E	38,00	475,00	615,44	391,30	109,52	83,17
F	52,73	475,00	803,84	391,30	141,09	113,92
G	60,42	475,00	1017,36	391,30	175,78	129,66
H	61,15	475,00	1017,36	391,30	175,78	131,15
I	53,96	475,00	1017,36	391,30	175,78	116,45
J	41,70	475,00	803,84	391,30	141,09	90,97
K	34,79	475,00	615,44	391,30	109,52	76,35
L	98,22	475,00	1256,00	391,30	213,15	203,70

Tabella 8.83 Edificio Nord: verifica momento copertura ed interpiano 4

Sezione	x ₂ [mm]	d [mm]	A _{s,d,tot} [mm ²]	f _{vd} [N/mm ²]	M _{Rd} [kNm]	M _{Ed} [kNm]
A	92,08	325,00	803,84	391,30	89,76	84,20
B	38,02	325,00	339,12	391,30	40,91	37,38
C	1,99	325,00	157,00	391,30	19,49	2,05
D	22,59	325,00	226,08	391,30	27,76	22,65
E	37,92	325,00	339,12	391,30	40,91	37,28
F	43,11	325,00	461,58	391,30	54,59	42,10

Tabella 8.84 Edificio Nord: verifica momento copertura 1

8.6.3 Verifica delle tensioni nei materiali in esercizio

Sezione	x_2 [mm]	d [mm]	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	M_{Rd} [kNm]	$ M_{Ed} $ [kNm]
A	97,60	575,00	1884,00	391,30	378,22	249,00
B	12,71	575,00	452,16	391,30	99,10	34,49
C	20,55	575,00	307,72	391,30	68,02	55,45
D	36,73	575,00	461,58	391,30	101,11	97,96
E	46,15	575,00	803,84	391,30	172,55	122,25
F	49,97	575,00	803,84	391,30	172,55	132,02
G	48,57	575,00	803,84	391,30	172,55	128,45
H	41,82	575,00	803,84	391,30	172,55	111,13
I	28,99	575,00	803,84	391,30	172,55	77,74
J	17,93	575,00	307,72	391,30	68,02	48,45
K	61,89	575,00	803,84	391,30	172,55	162,10
L	33,18	575,00	803,84	391,30	172,55	88,73
M	29,68	575,00	803,84	391,30	172,55	79,55
N	30,55	575,00	803,84	391,30	172,55	81,84
O	33,15	575,00	803,84	391,30	172,55	88,65

Tabella 8.85 Edificio Sud: verifica momento copertura

Sezione	x_2 [mm]	d [mm]	$A_{s,d,tot}$ [mm ²]	f_{yd} [N/mm ²]	M_{Rd} [kNm]	$ M_{Ed} $ [kNm]
A	81,45	575,00	1256,00	391,30	262,30	210,30
B	16,67	575,00	452,16	391,30	99,10	45,09
C	11,07	575,00	226,08	391,30	50,21	30,07
D	27,37	575,00	339,12	391,30	74,82	73,49
E	37,13	575,00	615,44	391,30	133,60	99,01
F	41,51	575,00	615,44	391,30	133,60	110,33
G	40,89	575,00	803,84	391,30	172,55	108,73
H	21,90	575,00	615,44	391,30	133,60	59,04
I	23,97	575,00	615,44	391,30	133,60	64,52
J	15,10	575,00	307,72	391,30	68,02	40,89
K	51,89	575,00	803,84	391,30	172,55	136,90
L	27,93	575,00	602,88	391,30	130,97	74,96
M	24,99	575,00	461,58	391,30	101,11	67,20
N	25,55	575,00	461,58	391,30	101,11	68,70
O	27,91	575,00	461,58	391,30	101,11	74,90

Tabella 8.86 Edificio Sud: verifica momento interpiano

Analogamente a quanto visto per la verifica delle armature del solaio, le *NTC 2008* (paragrafo § 4.1.2.2.5) prescrivono di valutare le tensioni nel conglomerato e nell'armatura quali prodotte sia dalla combinazione caratteristica (rara) sia dalla combinazione quasi permanente delle azioni, da confrontarsi con valori massimi consentiti, definiti in funzione della combinazione di azioni considerata. Si è proceduto pertanto con i calcoli relativi alla verifica dello stato tensionale nei materiali nelle sezioni precedentemente individuate quali significative, sulla base dei valori di momento flettente in esse calcolati per le diverse combinazioni di cui alle pagine precedenti. Inoltre, nella redazione dei calcoli necessari per effettuare le verifiche, si sono assunte tali ipotesi teoriche:

- Planarità delle sezioni;
- Comportamento elastico-lineare dei materiali considerati (acciaio e conglomerato cementizio);
- Calcestruzzo non resistente a trazione.

Sostituendo la relazione derivante dall'ipotesi di planarità della sezione combinata con quella di perfetta aderenza ed elasticità dei materiali (trascurando la resistenza a trazione del calcestruzzo teso):

$$\sigma_s = \alpha_e \sigma_c \frac{d-x}{x} \quad ; \quad \sigma'_s = \alpha_e \sigma_c \frac{x-d'}{x}$$

Dove:

- α_e rappresenta il coefficiente di omogeneizzazione fra i moduli di elasticità di acciaio e calcestruzzo, pari a 15 come prescritto nella circolare applicativa delle *NTC 2008* § C.4.1.2.2.5;
- σ_c rappresenta il valore dello sforzo nel conglomerato cementizio [N/mm²];
- σ_s rappresenta il valore dello sforzo nell'ac-

ciaio riguardante le armature inferiori [N/mm²];

- σ'_s rappresenta il valore dello sforzo nell'acciaio riguardante le armature superiori [N/mm²];
- d' rappresenta lo spessore del copriferro superiore [mm].

Mentre gli altri simboli assumono i significati illustrati in precedenza. Si è ottenuta dunque la seguente relazione:

$$\frac{b}{2} x^2 + \alpha_e (A_s + A'_s) x - \alpha_e (A_s d + A'_s d') = 0$$

Dove:

- A_s è l'area di acciaio che interessa le armature inferiori della trave considerata [mm²];
- A'_s è l'area di acciaio che interessa le armature superiori dell'elemento strutturale considerato [mm²].

Da quest'ultima equazione di secondo grado, è stato possibile ricavare la posizione dell'asse neutro, che viene utilizzata successivamente per il calcolo dei valori di sforzo sia nell'acciaio sia nel calcestruzzo.

Analizzando la sezione di trave principale in questione, è stato successivamente possibile scrivere l'equilibrio alla rotazione tramite la relazione:

$$\frac{1}{2} \sigma_c b x \left(d - \frac{x}{3} \right) = M_{Ed}$$

Dove tutti i simboli hanno i significati già visti precedentemente.

Tramite opportune semplificazioni, l'equilibrio statico può essere riscritto nella forma:

$$\sigma_c = \frac{2M_{Ed}}{b x \left(d - \frac{x}{3} \right)}$$

La relazione precedente ha consentito dunque di ottenere il valore dello sforzo nel conglomerato cementizio. Ritornando sullo schema delle azioni agenti sulla sezione di trave considerata, si è proceduto a individuare l'equilibrio alla traslazione del sistema, tramite l'equazione:

$$\frac{1}{2}\sigma_c b x + \sigma_s A_s = 0$$

Dove i simboli presenti sono stati illustrati precedentemente.

Analogamente a quanto effettuato per le armature del solaio, i valori che verranno calcolati andranno confrontati con dei limiti stabiliti da normativa: gli sforzi nel conglomerato dovranno essere inferiori a n_1 volte il valore caratteristico di resistenza a compressione del calcestruzzo, mentre quelli nell'acciaio dovranno rispettare il limite di n_2 volte il valore di tensione di trazione ammissibile nelle armature ordinarie come prescritto da EC2, paragrafo § 7.2, e NTC 2008, paragrafo § 4.1.2.2.5.1.

$$\sigma_c < n_1 f_{ck}$$

$$\sigma_s < n_2 f_{yk}$$

Dove:

- n_1 sarà pari a 0,6 per il caso di combinazione rara e 0,45 per combinazione quasi permanente;
- n_2 sarà pari a 0,8 sia per il caso di combinazione rara che quasi permanente.

Il procedimento appena illustrato è stato applicato a tutte le sezioni critiche della travi, in corrispondenza delle quali si presentano i valori estremanti dell'azione flettente. Seguono tabelle riepilogative delle verifiche effettuate.

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,r,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r,max}$ [N/mm ²]
A	1256,00	628,00	375,00	25,00	250,00	153,76	115,60	18,58	21,00	284,29	360,00
B	942,00	1256,00	375,00	25,00	250,00	120,21	60,09	11,94	21,00	291,52	360,00
C	628,00	628,00	375,00	25,00	250,00	113,91	16,42	3,42	21,00	310,32	360,00
D	628,00	628,00	375,00	25,00	250,00	113,91	15,55	3,24	21,00	293,87	360,00
E	942,00	942,00	375,00	25,00	250,00	127,78	39,62	7,46	21,00	351,47	360,00
F	628,00	942,00	375,00	25,00	250,00	105,70	53,28	11,87	21,00	339,73	360,00
G	1256,00	628,00	375,00	25,00	250,00	153,76	57,80	9,29	21,00	290,09	360,00

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,qp}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,qp,max}$ [N/mm ²]
A	1256,00	628,00	375,00	25,00	250,00	153,76	106,50	15,12	15,75
B	942,00	1256,00	375,00	25,00	250,00	120,21	55,73	11,07	15,75
C	628,00	628,00	375,00	25,00	250,00	113,91	15,55	3,24	15,75
D	628,00	628,00	375,00	25,00	250,00	113,91	14,93	3,11	15,75
E	942,00	942,00	375,00	25,00	250,00	127,78	36,31	6,84	15,75
F	628,00	942,00	375,00	25,00	250,00	105,70	49,00	10,92	15,75
G	1256,00	628,00	375,00	25,00	250,00	153,76	53,20	8,55	15,75

Tabella 8.87 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura ed interpiano 2 e 3

Tabella 8.88 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura ed interpiano 2 e 3

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,r,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r,max}$ [N/mm ²]
A	803,84	401,92	325,00	25,00	200,00	130,64	71,40	19,42	21,00	315,59	360,00
B	401,92	602,88	325,00	25,00	200,00	90,57	32,02	11,99	21,00	320,28	360,00
C	401,92	401,92	325,00	25,00	200,00	96,99	2,05	0,72	21,00	44,61	360,00
D	401,92	401,92	325,00	25,00	200,00	96,99	19,03	6,70	21,00	287,61	360,00
E	602,88	401,92	325,00	25,00	200,00	115,89	31,55	9,51	21,00	324,88	360,00
F	401,92	602,88	325,00	25,00	200,00	90,57	3,70	1,39	21,00	27,19	360,00

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,qp}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,qp,max}$ [N/mm ²]
A	803,84	401,92	325,00	25,00	200,00	130,64	65,70	14,87	15,75
B	401,92	602,88	325,00	25,00	200,00	90,57	29,56	11,07	15,75
C	401,92	401,92	325,00	25,00	200,00	96,99	1,97	0,69	15,75
D	401,92	401,92	325,00	25,00	200,00	96,99	17,49	6,16	15,75
E	602,88	401,92	325,00	25,00	200,00	115,89	29,06	8,76	15,75
F	401,92	602,88	325,00	25,00	200,00	90,57	32,90	12,32	15,75

Tabella 8.89 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura 1

Tabella 8.90 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura 1

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,r,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r,max}$ [N/mm ²]
A	2198,00	628,00	475,00	25,00	300,00	213,58	215,90	16,69	21,00	243,25	360,00
B	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	111,53	11,35	21,00	258,90	360,00
C	628,00	628,00	475,00	25,00	300,00	125,20	33,31	4,09	21,00	249,84	360,00
D	628,00	628,00	475,00	25,00	300,00	125,20	27,18	3,34	21,00	277,48	360,00
E	1256,00	942,00	475,00	25,00	300,00	162,30	67,21	6,56	21,00	259,46	360,00
F	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	94,94	9,66	21,00	278,93	360,00
G	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	109,44	11,14	21,00	254,05	360,00
H	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	111,28	11,32	21,00	258,32	360,00
I	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	100,50	10,23	21,00	233,30	360,00
J	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	76,72	7,81	21,00	225,40	360,00
K	1256,00	942,00	475,00	25,00	300,00	162,30	63,97	6,24	21,00	246,95	360,00
L	2198,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	197,93	172,70	14,22	21,00	336,17	360,00

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,qp}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,qp,max}$ [N/mm ²]
A	2198,00	628,00	475,00	25,00	300,00	213,58	198,80	15,37	15,75
B	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	104,73	10,66	15,75
C	628,00	628,00	475,00	25,00	300,00	125,20	32,82	4,03	15,75
D	628,00	628,00	475,00	25,00	300,00	125,20	24,90	3,06	15,75
E	1256,00	942,00	475,00	25,00	300,00	162,30	61,00	5,95	15,75
F	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	87,17	8,87	15,75
G	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	100,97	10,28	15,75
H	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	102,86	10,47	15,75
I	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	92,92	9,46	15,75
J	1256,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	154,71	70,80	7,21	15,75
K	1256,00	942,00	475,00	25,00	300,00	162,30	59,62	5,82	15,75
L	2198,00	1256,00	475,00	25,00	300,00	197,93	159,00	13,09	15,75

Tabella 8.91 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura ed interpiano 4

Tabella 8.92 Edificio Nord: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura ed interpiano 4

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,r \max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r \max}$ [N/mm ²]
A	1884,00	628,00	575,00	25,00	300,00	228,91	172,30	10,06	21,00	183,39	360,00
B	1256,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	176,29	53,84	3,94	21,00	230,66	360,00
C	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	11,17	1,00	21,00	68,76	360,00
D	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	52,41	4,96	21,00	213,91	360,00
E	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	77,46	5,23	21,00	188,74	360,00
F	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	89,36	8,92	21,00	208,46	360,00
G	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	89,28	6,03	21,00	217,53	360,00
H	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	77,19	7,71	21,00	180,07	360,00
I	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	51,93	3,51	21,00	126,53	360,00
J	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	33,54	3,00	21,00	206,43	360,00
K	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	112,15	7,58	21,00	273,26	360,00
L	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	61,45	6,14	21,00	143,34	360,00
M	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	55,05	3,72	21,00	134,13	360,00
N	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	55,92	3,78	21,00	136,25	360,00
O	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	61,35	4,14	21,00	149,48	360,00

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,qp}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,qp \max}$ [N/mm ²]
A	1884,00	628,00	575,00	25,00	300,00	228,91	116,90	6,83	15,75
B	1256,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	176,29	50,31	3,69	15,75
C	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	5,33	0,48	15,75
D	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	28,31	2,68	15,75
E	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	49,00	3,31	15,75
F	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	59,60	5,95	15,75
G	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	60,75	4,10	15,75
H	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	52,50	5,24	15,75
I	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	34,38	2,32	15,75
J	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	25,47	2,28	15,75
K	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	76,10	5,14	15,75
L	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	41,68	4,16	15,75
M	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	37,35	2,52	15,75
N	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	37,62	2,54	15,75
O	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	41,60	2,81	15,75

Tabella 8.93 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara copertura

Tabella 8.94 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente copertura

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,r,max}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r}$ [N/mm ²]	$\sigma_{s,r,max}$ [N/mm ²]
A	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	145,65	9,84	21,00	227,13	360,00
B	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	54,80	5,47	21,00	227,27	360,00
C	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	6,66	0,60	21,00	55,80	360,00
D	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	39,77	3,76	21,00	220,93	360,00
E	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	63,29	4,27	21,00	201,40	360,00
F	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	74,91	7,48	21,00	228,25	360,00
G	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	75,76	5,12	21,00	184,60	360,00
H	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	65,34	6,53	21,00	199,07	360,00
I	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	43,38	2,93	21,00	138,04	360,00
J	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	28,93	2,59	21,00	178,05	360,00
K	1256,00	942,00	575,00	25,00	300,00	184,47	94,80	6,67	21,00	229,66	360,00
L	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	51,90	4,91	21,00	162,20	360,00
M	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	46,50	3,51	21,00	194,39	360,00
N	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	47,08	3,56	21,00	196,80	360,00
O	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	51,85	3,92	21,00	216,76	360,00

Sezione	$A_{s,d}$ [mm ²]	$A'_{s,d}$ [mm ²]	d [mm]	d' [mm]	b [mm]	x_1 [mm]	$ M_{Ed} $ [kNm]	$\sigma_{c,qp}$ [N/mm ²]	$\sigma_{c,qp,max}$ [N/mm ²]
A	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	123,30	8,33	15,75
B	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	51,71	5,16	15,75
C	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	5,63	0,50	15,75
D	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	30,75	2,91	15,75
E	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	52,18	3,52	15,75
F	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	63,08	6,30	15,75
G	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	64,14	4,33	15,75
H	628,00	1256,00	575,00	25,00	300,00	125,17	55,44	5,54	15,75
I	1256,00	628,00	575,00	25,00	300,00	193,31	36,42	2,46	15,75
J	628,00	628,00	575,00	25,00	300,00	141,22	26,37	2,36	15,75
K	1256,00	942,00	575,00	25,00	300,00	184,47	80,35	5,65	15,75
L	628,00	942,00	575,00	25,00	300,00	132,75	44,01	4,16	15,75
M	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	39,40	2,98	15,75
N	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	39,78	3,01	15,75
O	942,00	628,00	575,00	25,00	300,00	170,29	43,95	3,32	15,75

Tabella 8.95 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE rara interpiano

Tabella 8.96 Edificio Sud: verifica sforzo acciaio e calcestruzzo SLE quasi permanente interpiano

8.7 Dimensionamento dei pilastri

8.7.1 Analisi dei carichi

Si procede innanzi tutto al calcolo dei carichi, divisi per piano, relativi allo stato limite ultimo, così da ottenere la forza totale agente al piano F_k , usando la formula:

$$F_k = (G_1 + G_2 + Q) \cdot A_d + G_{1,t} + G_{1,p}$$

Dove:

- A_d è l'area d'influenza corretta con un coefficiente di iperstaticità pari a 1,4 [m²];
- $G_{1,t}$ è il peso proprio della trave [kN];
- $G_{2,t}$ è il peso proprio del pilastro [kN].

I dati ottenuti sono riassunti nelle tabelle di seguito riportate:

	h [m]	$G_{1,t}$ [kN]	$G_{1,p}$ [kN]	G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q [m ²]	A_d [m ²]	F_k [kN]
C	3,70	20,13	0,00	3,82	4,86	0,53	22,40	246,50

Tabella 8.97 Edificio Nord: carichi 1

	h [m]	$G_{1,t}$ [kN]	$G_{1,p}$ [kN]	G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q [m ²]	A_d [m ²]	F_k [kN]
C	3,70	36,58	0,00	3,82	4,31	0,53	22,40	266,97
1°	3,70	36,58	5,77	3,82	6,06	3,00	22,40	367,49

Tabella 8.98 Edificio Nord: carichi 2 e 3

	h [m]	$G_{1,t}$ [kN]	$G_{1,p}$ [kN]	G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q [m ²]	A_d [m ²]	F_k [kN]
C	3,70	37,67	0,00	3,82	4,31	0,53	22,40	269,15
1°	3,70	88,80	5,77	3,82	6,06	3,00	22,40	471,93

Tabella 8.99 Edificio Nord: carichi 4

	h [m]	$G_{1,t}$ [kN]	$G_{1,p}$ [kN]	G_1 [kN/m ²]	G_2 [kN/m ²]	Q [m ²]	A_d [m ²]	F_k [kN]
C	3,60	37,67	0,00	3,82	7,53	2,10	22,40	376,67
1°	3,60	88,80	12,64	3,82	6,56	6,00	22,40	557,09

Tabella 8.100 Edificio Sud: carichi

8.7.2 Azione assiale di calcolo

Per procedere al dimensionamento delle sezioni del pilastro al piano, è necessario per prima cosa trovare il valore di calcolo dell'azione assiale N_{Ed} al piano, secondo la formula:

$$N_{Ed} = \gamma_F \cdot N_k$$

Dove:

- γ_F è un coefficiente di sicurezza ottenuto dalla media dei coefficienti agli SLU;
- N_k è lo sforzo assiale progressivo al piano [kN].

	F_k [kN]	N_k [kN]	γ_F	N_{Ed} [kN]
C	246,50	246,50	1,43	352,50

Tabella 8.101 Edificio Nord: azione assiale 1

	F_k [kN]	N_k [kN]	γ_F	N_{Ed} [kN]
C	266,97	266,97	1,43	381,77
1°	367,49	634,46	1,43	907,28

Tabella 8.102 Edificio Nord: azione assiale 2 e 3

	F_k [kN]	N_k [kN]	γ_F	N_{Ed} [kN]
C	269,15	269,15	1,43	384,89
1°	471,93	741,09	1,43	1059,76

Tabella 8.103 Edificio Nord: azione assiale 4

	F_k [kN]	N_k [kN]	γ_F	N_{Ed} [kN]
C	376,67	376,67	1,43	538,64
1°	557,09	933,76	1,43	1335,28

Tabella 8.104 Edificio Sud: azione assiale

8.7.3 Area di calcestruzzo

Adesso si passa a definire l'area di calcestruzzo necessaria alla sezione del pilastro considerato. Inizialmente si definisce l'area minima di calcestruzzo A_{co} , definita come:

$$A_{co} = \frac{N_{Ed}}{f'_{cd}}$$

Dove:

- f'_{cd} è la resistenza di calcolo a compressione ridotta, data da $f'_{cd} = f_{cd} \cdot 0,5$ [N/mm²];
- f_{cd} è la resistenza di calcolo a compressione per elementi in calcestruzzo, dato dalla formula $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c$ [N/mm²];
- α_{cc} è il coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata, assunto pari a 0,85;
- γ_c è il coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo, assunto pari a 1,5;
- f_{ck} è la resistenza caratteristica cilindrica a compressione del calcestruzzo a 28 giorni [N/mm²].

α_{cc}	f_{ck} [N/mm ²]	γ_c	f_{cd} [N/mm ²]	f'_{cd} [N/mm ²]
0,85	35,00	1,50	19,83	9,92

Tabella 8.105 Resistenza di calcolo per compressione centrata

	N_{Ed} [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	A_{co} [cm ²]
C	352,50	19,83	355,46

Tabella 8.106 Edificio Nord: area minima di calcestruzzo 1

	N_{Ed} [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	A_{co} [cm ²]
C	381,77	19,83	384,97
1°	907,28	19,83	914,90

Tabella 8.107 Edificio Nord: area minima di calcestruzzo 2 e 3

	N_{Ed} [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	A_{co} [cm ²]
C	384,89	19,83	388,12
1°	1059,76	19,83	1068,66

Tabella 8.108 Edificio Nord: area minima di calcestruzzo 4

	N_{Ed} [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	A_{co} [cm ²]
C	538,64	19,83	543,17
1°	1335,28	19,83	1346,50

Tabella 8.109 Edificio Sud: area minima di calcestruzzo

Una volta ricavata l'area minima di calcestruzzo per i vari piani, possiamo ipotizzare una sezione avente dimensione maggiore di quella minima consentita.

Di seguito vengono riportati in tabella le dimensioni dei pilastri di progetto che verranno adottati:

	a [cm]	b [cm]	A_c [cm ²]
C	30,00	30,00	900,00

Tabella 8.110 Edificio Nord: pilastro di progetto 1

	a [cm]	b [cm]	A_c [cm ²]
C	20,00	20,00	400,00
1°	30,00	35,00	1050,00

Tabella 8.111 Edificio Nord: pilastro di progetto 2 e 3

	a [cm]	b [cm]	A_c [cm ²]
C	20,00	20,00	400,00
1°	30,00	40,00	1200,00

Tabella 8.112 Edificio Nord: pilastro di progetto 4

	a [cm]	b [cm]	A_c [cm ²]
C	30,00	30,00	900,00
1°	30,00	45,00	1350,00

Tabella 8.113 Edificio Sud: pilastro di progetto

8.7.4 Armature

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di

300 mm. Inoltre, la loro area deve essere superiore a $0,003 A_c$ e comunque non inferiore a:

$$A_{so,p} = \left(0,10 \cdot \frac{N_{Ed}}{f_{yd}} \right)$$

Dove:

- f_{yd} è la resistenza di calcolo dell'armatura (riferita allo snervamento), data dalla seguente formula: $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$ [N/mm²];
- f_{yk} è la resistenza caratteristica dell'acciaio d'armature [N/mm²];
- γ_s è il coefficiente di sicurezza adottato per l'acciaio da armatura, pari a 1,15.

Dai calcoli effettuati, si verifica che l'area minima di armatura $A_{so,p}$ è sempre minore di $0,003 A_c$; pertanto, il valore minimo d'armatura di progetto $A_{so,d}$ sarà pari a quest'ultimo.

Sulla base di $A_{so,d}$ si definisce un numero n di tondini d'armatura di diametro Φ che si sommino in un'area di armatura totale A_s maggiore del valore minimo di progetto.

	$A_{so,p}$ [cm ²]	$A_{so,d}$ [cm ²]	n	Φ	A_s [cm ²]
C	0,90	2,70	4	12	14,40

Tabella 8.114 Edificio Nord: armatura di progetto 1

	$A_{so,p}$ [cm ²]	$A_{so,d}$ [cm ²]	n	Φ	A_s [cm ²]
C	0,98	1,20	4	12	14,40
1°	2,32	3,15	4	12	14,40

Tabella 8.115 Edificio Nord: armatura di progetto 2 e 3

	$A_{so,p}$ [cm ²]	$A_{so,d}$ [cm ²]	n	Φ	A_s [cm ²]
C	0,98	1,20	4	12	14,40
1°	2,71	3,60	6	12	21,60

Tabella 8.116 Edificio Nord: armatura di progetto 4

	$A_{so,p}$ [cm ²]	$A_{so,d}$ [cm ²]	n	Φ	A_s [cm ²]
C	1,38	2,70	4	12	14,40
1°	3,41	4,05	6	12	21,60

Tabella 8.117 Edificio Sud: armatura di progetto

8.7.5 Verifica delle tensioni

Si procede ora alla verifica della tensioni nelle sezioni adottate; per prima cosa, calcoliamo l'area ideale A_{ie} , raggugiata al calcestruzzo, data dalla formula:

$$A_{ie} = A_c + A_s \cdot \alpha_e$$

Dove:

- α_e è il coefficiente convenzionale di omogeneizzazione, pari a 15.

Grazie ad A_{ie} si passa al calcolo della tensione σ_c , pari a:

$$\sigma_c = \frac{N_k}{A_{ie}}$$

La sezione risulta verificata se la tensione otte-

	α_e	A_{ie} [cm ²]	σ_c [Mpa]
C	15,00	1116,00	2,21

Tabella 8.118 Edificio Nord: verifica della tensione 1

	α_e	A_{ie} [cm ²]	σ_c [Mpa]
C	15,00	616,00	4,33
1°	15,00	1266,00	5,01

Tabella 8.119 Edificio Nord: verifica della tensione 2 e 3

	α_e	A_{ie} [cm ²]	σ_c [Mpa]
C	15,00	616,00	4,37
1°	15,00	1524,00	4,86

Tabella 8.120 Edificio Nord: verifica della tensione 4

	α_e	A_{ie} [cm ²]	σ_c [Mpa]
C	15,00	1116,00	3,38
1°	15,00	1674,00	5,58

Tabella 8.121 Edificio Sud: verifica della tensione

8.7.6 Verifica della sforzo assiale

È ora necessario verificare che lo sforzo causato dall'azione assiale sul pilastro risulti minore del valore resistente N_{Rd} , definito come:

$$N_{Rd} = \frac{f'_{cd}}{A_{ir}}$$

Dove:

- A_{ir} è l'area ideale per il calcolo a rottura della sezione, data da $A_{ir} = A_c + A_s \cdot (f_{yd}/f'_{cd})$ [cm²].

Affinché la sezione risulti verificata allo sforzo assiale, deve risultare che:

$$\gamma_r = \frac{N_{Rd}}{N_{Ed}} \geq 1$$

	A_{ir} [cm ²]	N_{Rd} [kN]	γ_r
C	953,86	945,91	2,68

Tabella 8.122 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 1

	A_{ir} [cm ²]	N_{Rd} [kN]	γ_r
C	453,86	450,08	1,18
1°	1103,86	1094,66	1,21

Tabella 8.123 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 2 e 3

	A_{ir} [cm ²]	N_{Rd} [kN]	γ_r
C	453,86	450,08	1,17
1°	1261,06	1250,55	1,18

Tabella 8.124 Edificio Nord: verifica dello sforzo assiale 4

	A_{ir} [cm ²]	N_{Rd} [kN]	γ_r
C	953,86	945,91	1,76
1°	1411,06	1399,30	1,05

Tabella 8.125 Edificio Sud: verifica dello sforzo assiale

8.8 Dimensionamento del plinto

Nel caso trattato qui di seguito si è proceduto al dimensionamento di un plinto di fondazione posto al piede dei pilastri presenti in struttura.

Si assumano le ipotesi che sui pilastri agiscano azioni flettenti trascurabili e che le azioni assiali idealmente centrate sul pilastro non possiedano alcuna eccentricità rispetto al baricentro geometrico dello stesso. Il plinto può essere inteso come una doppia mensola rovescia inflessa verso l'alto, nelle due direzioni ortogonali, dalla reazione del terreno.

8.8.1 Predimensionamento di base ed armature

Un primo approccio per il predimensionamento della base dell'elemento viene eseguito secondo l'interpretazione a mensola inflesse che dovrebbe dare risultati simili alla doppia mensola rovescia inflessa che si assumerà poi per le verifiche.

Si ipotizzano delle misure plausibili secondo lo schema raffigurato sopra e si procede al calcolo dell'armatura necessaria per garantire una corretta resistenza del plinto sottoposto a flessione.

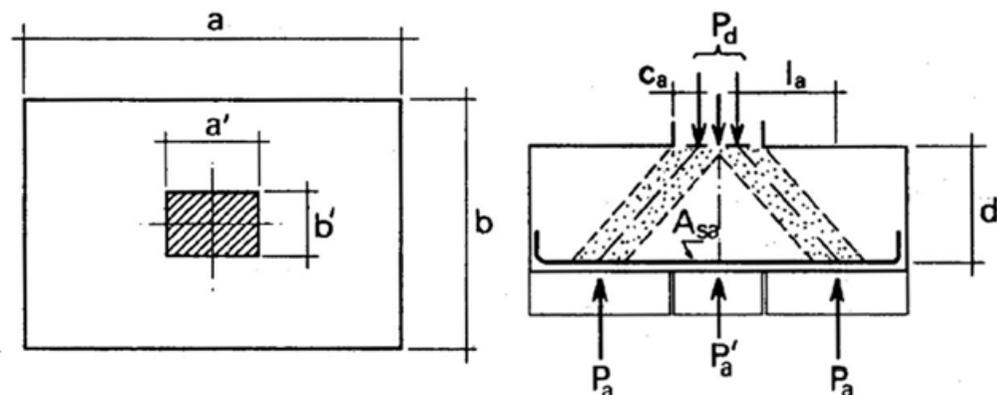


Figura 8.8 Diagramma del plinto

a' [m]	b' [m]	a [m]	b [m]	h [m]	c [m]
0,30	0,30	0,60	0,60	0,40	0,05

Tabella 8.126 Edificio Nord: dati geometrici 1

a' [m]	b' [m]	a [m]	b [m]	h [m]	c [m]
0,30	0,40	0,60	0,70	0,40	0,05

Tabella 8.127 Edificio Nord: dati geometrici 4

a' [m]	b' [m]	a [m]	b [m]	h [m]	c [m]
0,30	0,45	0,45	0,60	45,00	0,05

Tabella 8.128 Edificio Sud: dati geometrici

Le formule riportate hanno valenza su entrambi i lati della base poiché si suppone che il plinto sia doppiamente simmetrico, sia sottoposto alle stesse combinazioni di carico, situazioni al contorno e che abbia lo stesso comportamento in risposta.

$$\sigma_v = \frac{P_d}{ab} \quad l_i = \frac{i - i'}{2}$$

$$M_i = \frac{\sigma_v b l_i^2}{2} \quad A_{si} \geq \frac{M_i}{f_{yd} 0.9 d_i}$$

Dove:

- σ_v rappresenta la sforzo verticale dovuto al carico in compressione e simboleggia la resistenza che il terreno offrirà alla base del plinto;
- P_d è il carico trasmesso dal pilastro al plinto di fondazione;
- a,b rappresentano i lati della base del plinto (i);
- a',b' rappresentano le dimensioni del pilastro (i');
- l_i è la parte di plinto sporgente rispetto al pilastro o braccio del puntone inclinato;
- M_i rappresenta il momento a cui si sottopone la sezione;
- f_{yd} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio d'armatura;
- d_i è l'altezza del plinto misurata dal baricentro delle barre 'armatura';
- A_{si} rappresenta l'area minima di acciaio in barre che occorre fornire per resistere agli sforzi cui è sottoposto l'elemento di fondazione.

Si noti come per il calcolo dei valori geometrici d_i venga ipotizzato uno spessore copriferro c pari a 5 cm e si ipotizza già l'uso di ferri Φ 14 in modo che il lato b venga sovrapposto al lato a e che quindi i relativi ferri di armatura risulteranno 'più interni'.

Dai calcoli svolti risulta che la fondazione deve essere armata con sole 6 barre d'armatura di diametro pari a 14mm su entrambi i lati per garantire la correttezza del metodo usato e resistere all'azione flettente a cui verrà sottoposta. I risultati sono mostrati nelle tabelle seguenti.

	f_{yd} [N/mm ²]	P_d [kN]	σ_v [kN/m ²]	d_i [m]	l_i [m]	M_i [kNm]	$A_{si\ MIN}$ [mm ²]
a	391,30	352,50	979,17	0,35	0,14	6,61	86,87
b	391,30	352,50	979,17	0,33	0,56	6,61	377,60

Tabella 8.129 Edificio Nord: predimensionamento 1

	f_{yd} [N/mm ²]	P_d [kN]	σ_v [kN/m ²]	d_i [m]	l_i [m]	M_i [kNm]	$A_{si\ MIN}$ [mm ²]
a	391,30	1059,76	2523,23	0,35	0,14	19,87	261,16
b	391,30	1059,76	2523,23	0,33	0,51	17,03	883,68

Tabella 8.130 Edificio Nord: predimensionamento 4

	f_{yd} [N/mm ²]	P_d [kN]	σ_v [kN/m ²]	d_i [m]	l_i [m]	M_i [kNm]	$A_{si\ MIN}$ [mm ²]
a	391,30	1329,25	4923,16	0,40	0,10	8,31	138,00
b	391,30	1329,25	4923,16	0,39	0,34	6,23	368,30

Tabella 8.131 Edificio Sud: predimensionamento

n	Φ	$A_{s,prov}$ [mm ²]
6	14	923,63

Tabella 8.132 Armature

8.8.2 Verifica del plinto

Come già anticipato, con riferimento al caso doppiamente simmetrico, il plinto può essere inteso come una doppia mensola rovescia inflessa verso l'alto nelle due direzioni ortogonali dalla reazione del terreno. Si possono assumere due schemi resistenti ortogonali che, funzionando in modo combinato, siano in grado di riportare la reazione diffusa su tutta la base d'appoggio entro la sagoma ristretta del pilastro.

$$2P_i = \frac{i - i'}{i} P_d \quad P_i' = \frac{i'}{i} P_d$$

$$l_i = \frac{i - i'}{4} + c_i \quad \lambda_i = \frac{l_i}{d_i}$$

Dove:

- P_i rappresenta la reazione che il terreno oppone alla pressione subita;
- P_d è il carico trasmesso dal pilastro al plinto

di fondazione;

- P_i' rappresenta la reazione che il terreno ha nell'area della proiezione del pilastro sulla base d'appoggio;
- a,b rappresentano i lati della base del plinto (i);
- a',b' rappresentano le dimensioni del pilastro (i');
- c_i è il copriferro progettato nel lato considerato;
- λ_i è il rapporto larghezza-altezza del puntone considerato
- l_i è la parte di plinto sporgente rispetto al pilastro o braccio del puntone inclinato;
- d_i è l'altezza del plinto misurata dal baricentro delle barre di armatura.

	P_d [kN]	$2P_i$ [kN]	P_i' [kN]	l_i [m]	d_i [m]	λ_i
a	352,50	176,25	176,25	0,14	0,35	0,39
b	352,50	176,25	176,25	0,56	0,34	1,67

Tabella 8.133 Edificio Nord: dati verifica 1

	P_d [kN]	$2P_i$ [kN]	P_i' [kN]	l_i [m]	d_i [m]	λ_i
a	1059,76	529,88	529,88	0,14	0,35	0,39
b	1059,76	454,18	605,57	0,56	0,34	1,51

Tabella 8.134 Edificio Nord: dati verifica 4

	P_d [kN]	$2P_i$ [kN]	P_i' [kN]	l_i [m]	d_i [m]	λ_i
a	1329,25	443,08	886,17	0,10	0,40	0,24
b	1329,25	332,31	996,94	0,34	0,39	0,88

Tabella 8.135 Edificio Sud: dati verifica

Si ricorda che, come già detto prima, per il calcolo dei valori geometrici d_i venga ipotizzato uno spessore copriferro c pari a 5 cm a cui si sommano i ferri $\phi 14$ in modo che il lato b venga sovrapposto al lato a e che quindi i relativi ferri di armatura risulteranno 'più interni'. Si aggiunge la restrizione che impone di scegliere un valore copriferro pari a $C_i = \min(0,2d_i; i/4)$.

Si procede quindi con la verifica dell'area di acciaio conseguente al predimensionamento svolto nel paragrafo precedente. Noto che:

$$P_{rs} = P_i' + 2A_{si}f_{yd} \frac{1}{\lambda_i}$$

Dove:

- P_{rs} è la capacità di resistere al carico trasferito dal pilastro al plinto;
- P_i' rappresenta la reazione che il terreno ha nell'area della proiezione del pilastro sulla base d'appoggio;
- A_{si} rappresenta l'area corrispondente alle barre d'armatura precedentemente scelte;
- f_{yd} è la resistenza caratteristica a trazione dell'acciaio d'armatura;
- λ_i è il rapporto larghezza-altezza del puntone considerato.

Basterà inserire il valore di A_{si} calcolato in precedenza per verificare se il plinto dimensionato sarà capace di sostenere una forza almeno pari a quella cui il pilastro lo sottopone P_d .

	f_{yd} [N/mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$P_{rs\ EFF}$ [kN]
a	391,30	923,63	2050,26
b	391,30	923,63	1817,57

Tabella 8.136 Edificio Nord: verifica 1

	f_{yd} [N/mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$P_{rs\ EFF}$ [kN]
a	391,30	923,63	2403,89
b	391,30	923,63	1083,13

Tabella 8.137 Edificio Nord: verifica 4

	f_{yd} [N/mm ²]	$A_{s,prov}$ [mm ²]	$P_{rs\ EFF}$ [kN]
a	391,30	923,63	3851,63
b	391,30	923,63	1817,57

Tabella 8.138 Edificio Sud: verifica

Si riporta infine il calcolo della resistenza globale del calcestruzzo:

$$P_{rc} = P_o + 2 \cdot 0,4d_a b' f_{cd} \frac{1}{1 + \lambda_a^2} + 2 \cdot 0,4d_b a' f_{cd} \frac{1}{1 + \lambda_b^2}$$

$$P_o = \frac{a'b'}{ab} P_d$$

Dove:

- P_{rc} rappresenta la resistenza globale offerta dal calcestruzzo;
- P_d è il carico trasmesso dal pilastro al plinto di fondazione;
- d_a, d_b è l'altezza del plinto misurata dal baricentro delle barre 'armatura';
- a,b rappresentano i lati della base del plinto;
- a',b' sono le dimensioni del pilastro;
- f_{cd} è la resistenza caratteristica a compressione del calcestruzzo;
- λ_a, λ_b è il rapporto larghezza-altezza del puntone considerato.

P_o [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	P_{rc} [kN]
88,13	14,20	1429,56

Tabella 8.139 Edificio Nord: verifica di resistenza del cls 1

P_o [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	P_{rc} [kN]
302,79	14,20	2035,16

Tabella 8.140 Edificio Nord: verifica di resistenza del cls 4

P_0 [kN]	f_{cd} [N/mm ²]	P_{rc} [kN]
664,63	14,20	3335,51

Tabella 8.141 Edificio Sud: verifica resistenza cls

Si dispongono nelle due direzioni le armature A_{sa} e A_{sb} come qualitativamente indicato in figura.

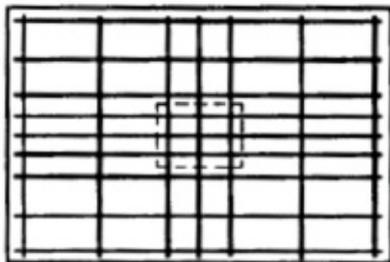
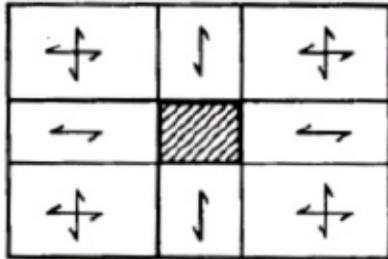


Figura 8.9 Disposizione dei ferri

8.8.3 Verifica al punzonamento

Un problema di punzonamento si verifica quando una piastra è sottoposta ad un'azione localizzata su una porzione relativamente piccola della piastra stessa.

Si tratta di un problema di flessione bidirezionale che può portare alla rottura per perforazione della piastra dovuta al fatto che il suo spessore risulta piccolo in rapporto all'entità dell'azione e alle ridotte dimensioni dell'impronta su cui essa è distribuita. Il problema di punzonamento qui analizzato è rappresentato dal sistema pilastro-plinto.

Questa verifica si conduce valutando una resistenza sul perimetro critico, che corrisponde a quello che delimita la superficie di rottura, per determinare quale sia la resistenza massima che il plinto può esercitare senza l'ausilio di armatura trasversale per il taglio:

$$P_r' = 0.25uhf_{ctd}k(1 + 50\rho_s)$$

E' una entro il perimetro del pilastro per verificare che i puntoni non risultino troppo compressi:

$$P_r'' = 0.4u_0hf_{cd}\frac{1}{1 + \lambda^2}$$

Dove:

- P_r' rappresenta la resistenza calcolata sul perimetro critico;
- P_r'' rappresenta la resistenza calcolata entro il perimetro del pilastro;
- u è il perimetro critico;
- h è l'altezza del plinto;
- f_{ctd} rappresenta la resistenza a trazione del calcestruzzo;
- k è un coefficiente dipendente dall'altezza del plinto;
- ρ_s è il rapporto tra area dei ferri e area di calcestruzzo per la sezione in esame;
- u_0 è il perimetro del pilastro;
- f_{cd} rappresenta la resistenza a compressione del calcestruzzo;
- λ è il rapporto tra l'altezza del plinto e la proiezione l del puntone sulla base del plinto.

Si assuma quale resistenza:

$$P_r = \min(P_r'; P_r'')$$

Per la verifica si dovrà avere:

$$P_r > P_d - P_0$$

Per il calcolo delle varie grandezze in gioco si

elencano le formule utilizzate:

$$u = 2(a + b) + 2(h - c)\pi$$

$$k = \max(1.6 - h; 1)$$

$$\rho_s = \min\left\{\left(\frac{A_{si\ prov}}{n^\circ\ barre}\right)/(ab); 0.02\right\}$$

$$u_0 = 2(a' + b')$$

u [m]	h [m]	f_{ctd} [N/mm ²]	k	ρ_s	P_r' [kN]
4,60	0,40	1,20	1,20	0,00043	676,43

u_0 [m]	h [m]	f_{cd} [N/mm ²]	λ	P_r'' [kN]
1,20	0,40	14,20	1,50	838,89

Tabella 8.142 Edificio Nord: verifica resistenza al punzonamento 1

u [m]	h [m]	f_{ctd} [N/mm ²]	k	ρ_s	P_r' [kN]
4,80	0,40	1,20	1,20	0,00037	703,74

u_0 [m]	h [m]	f_{cd} [N/mm ²]	λ	P_r'' [kN]
1,40	0,40	14,20	1,50	978,71

Tabella 8.143 Edificio Nord: verifica resistenza al punzonamento 4

u [m]	h [m]	f_{ctd} [N/mm ²]	k	ρ_s	P_r' [kN]
4,80	0,40	1,20	1,20	0,00037	703,74

u_0 [m]	h [m]	f_{cd} [N/mm ²]	λ	P_r'' [kN]
1,40	0,40	14,20	1,50	978,71

Tabella 8.144 Edificio Sud: verifica resistenza al punzonamento

CONCLUSIONI

Il progetto di tesi mi ha permesso di affrontare argomenti interessanti ed attuali, benchè possano sembrare lontani dalla nostra realtà, sono destinati ad assumere, con il passare degli anni, una sempre maggiore rilevanza globale. Il risultato ottenuto certamente non si propone come una metodologia con una valenza assoluta, ma piuttosto come una possibile strategia operativa applicabile in contesti e situazioni simili a quella presa in esame.

Il iter progettuale è iniziato con un approfondito studio urbano, secondo la metodologia IMM, che ha generato dei risultati, grazie alle analisi effettuate, che hanno guidato il processo decisionale ed orientato le scelte progettuali verso una migliore conoscenza del contesto ed accompagnando il processo dalla grande alla piccola scala di progetto

A questa prima fase è seguito lo sviluppo del progetto architettonico, eseguito nell'area designata, tale step ha previsto l'utilizzo di alcuni tratti architettonici tipici dell'architettura modernista brasiliana oltre all'utilizzo di materiali, tecniche costruttive, dotazioni igienico-sanitarie, strategie per la sostenibilità ambientale ed energetica e tecniche per il riuso dei rifiuti nell'edilizia, a vantaggio di un miglioramento concreto delle condizioni di vita della popolazione locale.

Il ricorso all'autocostruzione, svolta dagli abitanti della favela, dopo aver frequentato appositi corsi di formazione che preparano alla specifica mansione da svolgere in cantiere, riferendosi anche ad apposite schede illustrate, che facilitano la comprensione delle attività, a vantaggio di un innalzamento dei livelli di sicurezza, si può proporre come un metodo operativo utile per altri microinterventi eseguibili dalla comunità stessa in futuro.

Credo fermamente, che un risvolto positivo per il futuro della favela sia possibile e spero che il lavoro svolto possa dare un piccolo contributo anche ad altre iniziative da sviluppare concretamente sul territorio, magari con una maggiore supporto del governo.

Rocinha può essere un luogo magico, dove i problemi di povertà diffusa e narcotraffico per i quali è conosciuta nel mondo, fanno da contraltare ad una comunità gioiosa, ospitale, giovane, dinamica e in continua trasformazione; un popolo che sa vivere di presente, godere delle piccole e pochissime cose adeguandosi a non possedere nulla.

Se si riuscirà a semplificare la vita della comunità, anche solo di poco, si potrà dire di aver raggiunto un traguardo importante.

BIBLIOGRAFIA

Libri e articoli:

Anelli Renato, "Architettura Contemporanea Brasile", 2008.

ASHRAE Fundamentals "Physiological principles for comfort and health", ASHRAE Fundamentals, Chapter 8. American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Atlanta, 1989.

ASHRAE STANDARD, "Ventilation for acceptable Indoor Air Quality", American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc, Atlanta.

ASHRAE TABLE 6.1 "Minimum Ventilation Rates In Breathing Zone".

ASHRAE TABLE 9.5.1 "Lighting Power Densities Using the Building Area Method".

Bobenhausen William, "Simplified HVAC systems", 1994.

Caixa Economica Federal, Governo Federal, "Minha Casa Minha Vida: Moradia para as famílias, Renda para os trabalhadores, Desenvolvimento para o Brasil", Brasil.

Calvetti Francesco, "Civil engineering for environmental risks mitigation, stability of rock slopes", s.d.

Campuzano Santos Yenny, "EL COBOGÓ EN LA ARQUITECTURA MODERNA, EVOLUCIÓN, MATERIALES Y TECNOLOGÍA", 2014.

Chandler T.J. , "Urban climatology and its relevance to urban design", Technical Note No. 149, World Meteorological Organization (WMO), Geneva, 1963.

Coelho Suani T., Goldemberg José, Energy access: Lessons learned in Brazil and perspectives for replication in other developing countries, 2013.

D. Calvin Andrus, "Toward a Complex Adaptive Intelligence Community The Wiki and the Blog", cia.gov. Retrieved, 25 August 2012.

D.lgs. 9 aprile 2008, n. 81.

D.M. 10 marzo 1998 generico per piccoli edifici.

D.M. 11 marzo 1988 per le strutture geotecniche.

D.M. 22 febbraio 2006 per gli uffici.

D.M. 26 agosto 1992 sulle scuole.

D.M. luglio 2010 per le attività commerciali.

Davis Mike, "Il pianeta degli slum", Feltrinelli, Milano 2006.

E DIN 1989–1:2000–12.

Emmanuel Rohinton, "Urban Climate Challenges In The Tropics: Rethinking Planning And Design", 2016.

EN 1992 : Eurocodice 2. Design delle strutture in calcestruzzo.

Energy, "Code of Federal Regulations", 2010.

Gherri Barbara, "Daylight assessment. Il ruolo della luce naturale nella definizione dello spazio architettonico e protocolli di calcolo", 2013.

Glenny Misha, "NEMESIS, ascesa e caduta di un grande narcotrafficante", 2017.

Guglielmetti F. , Bisegna F., Monti L., "Linee guida per l'utilizzazione della luce naturale" Report 2010.

Hanifan, L. J. "The rural school community center", Annals of the American Academy of Political and Social Science 67: 130-138, 1916. Also see Hanifan, L. J. "The Community Center", Silver Burdett, Boston, 1920.

Koeppe C.E. and Long G.C., "Weather and Climate", McGraw-Hill Book Company, New York, 1958.

Krause C., Santos J., Niemeyer M., Porto M., Gomes A., Teixeira K., Gomes J., "Bioclimatismo no projeto de arquitetura" 2005.

Loiodice M., "Finestra sulla favela", Brasile, 2015.

M. Santamouris, D. Asimakopoulos, "Passive Cooling of Buildings", Earthscan, 1996.

Maricato Erminia, "Cidades: alternativas para a crise urbana", Brasil, 2001.

Maricato Erminia, "Transmitting Architecture. Brazil's Megacities. Metropoli brasiliane allo specchio; un'altalena tra crescita economica e povertà", 2006.

Musolino G., "Stima della portata di piena con diverse metodologie di calcolo ed applicazione al bacino idrografico del Calopinace (RC)".

NTC 2008, "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Perini Katia, "Progettare il verde in città. Una strategia per l'architettura sostenibile", 2013.

Potting Marcela, Frenzel Christian, "Container Modular System for Social Housing in Rio de Janeiro" Final Project Summary, 2016.

Rekow, Lea "Green My Favela: An Act of Defiance" International Journal of Education Through Art 8 (3), 2012.

Relatório Anual de Chuva para a cidade do Rio de Janeiro no ano de 2013.

Rogora Alessandro, Lo Bartolo Davide, "Costruire alternativo", Wolter Kluwer Italia, Milano, 2013.

Rohinton Emmanuel, "Urban Climate Challenges In the Tropics, Rethinking Planning and Design Opportunities", 2016.

Solvit Samuel, "Dimensions of War: Understanding War as a Complex Adaptive System", L'Harmattan, Retrieved, 25 August 2013.

Spataro S. , "NEEDS. Architetture nei paesi in via di sviluppo", 2017.

Tadi M., Vahabzadeh Manesh, M. Hadi Mohammad, F. Zaniol, (2015). Urban Morphology, Environmental Performances and Social Inclusion via IMM® The case study of Rio de Janeiro, Brazil. published on the ACE 2015 Conference Proceedings. Singapore. Print ISSN: 2301-394X, E-Periodical ISSN: 2301-3958.

Tadi M., Vahabzadeh Manesh, S, (2014) Transformation of an urban complex system into a more sustainable form via integrated modification methodology (I.M.M). The International Journal of Sustainable Development and Planning Volume 9, Number 4, 2014 (WIT press Southampton, UK) ISSN: 1743-7601.

UNI 6949.

UNI EN 12464-1.

UNI EN 12845.

UNI EN ISO 13788 "Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per l'edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale metodi di calcolo", 2003.

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2014). "World Urbanization Prospects: The 2014 Revision, Highlights" (ST/ESA/SER.A/352).

Valladares Licia do Prado, "A invenção da favela: do mito de origem a Favela" , FGV Editora, Rio de Janeiro, 2008.

Worms Jamie B.S. , "Evaluating Social Capital as it Affects Community Development in the Favelas of Rio de Janeiro", The University of Maryland at College Park, 2006.

Tesi

Avanzo Marco, Calevro Nadira, "La città informale, il fenomeno degli slum urbani dal 1950 al 2014", Università degli studi di Parma, 2014.

Camilleri Adriana, "Adolescenza in Favela: le madri bambine di Rocinha", International Relations, Università Cà Foscari, Venezia, 2013.

Cossutta Federica, "Edilizia sociale e prestazioni energetiche in un caso studio a Queimados all'interno del Programma Minha Casa Minha Vida", Università di Bologna, 2014.

Costa Olair, "Riqualificazione dell'area dismessa favela Heliópolis San Paolo, Brasile", Politecnico di Milano, Milano, 2012.

Rapanà Emilio, "Progetto per la crescita di una favela. Unità abitativa flessibile a Cidade de Deus, Rio de Janeiro", Politecnico di Milano, Milano, 2010.

Sitografia

<http://www.abitare.it/it/habitat/urban-design/2012/07/06/learning-from-favelas/>. (Ultimo accesso: 23 marzo 2017).

<http://www.byfusion.com/>. (Ultimo accesso: 20 Aprile 2017).

<https://www.area-arch.it/re-thinking-the-informal-city/>. (Ultimo accesso: 17 maggio 2017).

http://www.mybestlife.com/ambiente/bio-architettura/Verde_in_citta.htm. (Ultimo accesso: 7 giugno 2018).

<http://eco-publicart.org/green-my-favela-2/>. (Ultimo accesso: 22 febbraio 2018).

<https://worldreflex.wordpress.com/2013/09/20/rio-de-janeiro-favela-rocinha/>. (Ultimo accesso: 22 dicembre 2016).

<http://www.idro-elettrica.it/News/Magazine/tabid/399/ID/94/Il-concetto-di-NPSH-nella-UNI-EN-12845.aspx#.Wyvq3aczaUl>. (Ultimo accesso: 4 aprile 2018).

<https://www.bottegaenergia.com/comfort-termoigrometrico.html>. (Ultimo accesso: 7 febbraio 2017).

<https://divisare.com/projects/250998-viviamolaq-parcobaleno>. (Ultimo accesso: 12 marzo 2017).

<http://www.calcolodellatrasmissione.com/public/project/modify?idProject=154405>. (Ultimo accesso: 3 giugno 2017).

https://www.meteoblue.com/it/tempo/previsioni/yearclimate/rio-de-janeiro_brasile_3451190. (Ultimo accesso: 7 giugno 2017).

<https://www.voltimum.it/articolo/19-requisiti-di-illuminazione-interni>. (Ultimo accesso: 3 febbraio 2018).

<http://www.ingegneri.info/news/edilizia/cross-ventilation-progettare-le-aperture-per-la-ventilazione-trasversale/>. (Ultimo accesso: 25 gennaio 2018).

<https://laboratorioklotznervillgrater.wordpress.com/2014/06/11/coperture-verdi/>. (Ultimo accesso: 13 gennaio 2018).

https://it.wikipedia.org/wiki/Idrogramma_unitario_istantaneo. (Ultimo accesso: 11 aprile 2018).

http://www.unibg.it/dati/corsi/8609/17600-Cap_4.pdf. (Ultimo accesso: 23 aprile 2018).

https://it.wikipedia.org/wiki/Equazione_di_Colebrook. (Ultimo accesso: 18 aprile 2018).

<http://www.savinobarbera.com/curva-pompe-centrifughe/>. (Ultimo accesso: 28 aprile 2018).

http://www.viscontifondazioni.it/fondazioni_profonde/approfondimento_tiranti.html. (Ultimo accesso: 4 maggio 2018).

<https://www.dywidag-systems.com/emea/products/geotechnics/dywidag-threadbar-anchors/>. (Ultimo accesso: 16 maggio 2018).

<http://www.rio.rj.gov.br/web/defesacivil/mapas-do-sistema-de-alerta-e-alarme>. (Ultimo accesso: 9 maggio 2018).

<https://www.climagruen.it/it/verde-tecnico/vantaggi/>. (Ultimo accesso: 27 agosto 2017).

<http://www.rioonwatch.org/?p=3252>. (Ultimo accesso: 2 settembre 2017).