

MATTEO CAZZATO matr. 736050 FABIO FALLARA matr. 739829 STEFANO VALLE matr. 735870

ESPANSIONE DEL CAMPUS BOCCONI NELL'AREA DELL'EX CENTRALE DEL LATTE

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Architettura Civile

Tesi di Laurea magistrale in Architettura delle Costruzioni

Relatore: Prof. Arch. Giancarlo Perotta

a.a. 2010/2011

INDICE

ABSTRACT	pag 1
PREMESSA	pag 2
INDAGINE	
ANALISI STORICA	pag 3
DICHIARAZIONE D'INTENTI	pag 10
PROGETTO	
PROGRAMMA D'INTERVENTO	pag 11
SCELTE TIPOLOGICHE	
Headquarter	pag 11
Il tema dell'abitare	
Studentato	pag 13
Housing sociale	pag 14
PROGETTI ESECUTIVI	
PROGETTO STATICO	
Descrizione edificio	pag 16
Definizione delle caratteristiche dei materiali	pag 16
Analisi dei carichi	pag 17
Dimensionamento solai	pag 19
Predimensionamento pilastro	pag 22
Dimensionamento trave longitudinale	pag 23
Dimensionamento staffe trave longitudinale	pag 25
Dimensionamento di massima trave piano primo(+5,00m)	pag 26
Dimensionamento pilastro	pag 27
Dimensionamento trave di fondazione	pag 29
Dimensionamento staffe di fondazione	pag 30
Verifiche fondazioni	pag 31
Azione sismica	pag 32
Azione del vento	pag 34
Azione sul muro di controvento	pag 35
Verifiche muri di controvento	pag 37

PROGETTO IMPIANTISTICO

Certificazione energetica

Introduzione	pag 40
Dati geometrici	pag 41
Esposizione solare	pag 43
Caratteristiche dell'involucro edilizio	pag 43
Componenti trasparenti	pag 47
Schermature regolabili	pag 49
Carico termico invernale	pag 51
Trasmissione e ventilazione	pag 53
Apporti interni	pag 56
Aggetti e apporti solari	pag 57
Fabbisogno termico	pag 62
Verifiche certificazioni	pag 64

Tecnologie impiantistiche

Geotermia	pag 67
Principi di funzionamento dell'impianto	pag 68
Elementi costituenti l'impianto e loro dimensionamento	pag 69
Vantaggi dell'impianto geotermico	pag 64
Sistema di distribuzione ed emissione	pag 65
Deumidificazione	pag 77
Pannelli fotovoltaici	pag 78
Collettori solari	pag 79
Schema generale dell'impianto	pag 80

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1_Piano Beruto 1889	pag 3
Figura 2_Piano Pavia Masera 1912	pag 3
Figura 3_Campus Bocconi	pag 4
Figura 4_Campus Bocconi_Sede via Sarfatti	pag 5
Figura 5_Campus Bocconi_Sede via Roentgen	pag 5
Figura 6_Campus Bocconi_Aula magna via Gobbi	pag 6
Figura 7_Campus Bocconi_Biblioteca	pag 6
Figura 8_Campus Bocconi_Rettoria San Ferdinando	pag 6
Figura 9_Campus Bocconi_Piazza Sraffa 13	pag 7
Figura 10_Campus Bocconi_SDA Bocconi	pag 7
Figura 11_Campus Bocconi_Libreria Egea	pag 8
Figura 12_Campus Bocconi_Centro linguistico	pag 8
Figura 13_Campus Bocconi_Parco Ravizza	pag 9
Figura 14_Campus Bocconi_Residenza via Bocconi + Mensa	pag 9
Figura 15_Planimetria area	pag 12
Figura 16_Solaio tipo (S4+S3) incastro, schema dei carichi	pag 18
Figura 17_Solaio tipo (S2+S3) con sbalzo, schema dei carichi	pag 20

Figura 18_Solaio tipo (S2+S3+S2), schema dei carichi	pag 21
Figura 19_Trave piano primo (+5,00m), scema dei carichi	pag 26
Figura 20_Trave di fondazione, verifica in campata	pag 31
Figura 21_Trave di fondazione, verifica sull'appoggio	pag 31
Figura 22_Disposizione muri di controvento interni all'edificio	pag 35
Figura 23_Azioni del vento, condizione 1, verifica muro di controvento	pag 37
Figura 24_Azioni del vento, condizione 2, verifica muro di controvento	pag 37
Figura 25_Azione sismica, verifica muro di controvento	pag 38
Figura 26_Piano tipo studentato	pag 41
Figura 27_Alloggio tipo, 4 persone	pag 41
Figura 28_Alloggio tipo, 1 persona	pag 41
Figura 29_Prospetto studentato	pag 42
Figura 30_Stratigrafia parete perimetrale	pag 44
Figura 31_Stratigrafia parete su scala antincendio	pag 44
Figura 32_Stratigrafia solaio copertura praticabile	pag 45
Figura 33_Stratigrafia solaio su piano interrato	pag 45
Figura 34_Dettaglio serramento taglio termico	pag 48
Figura 35_Dettaglio schermature regolabili	pag 49
Figura 36_Schemi per il calcolo del fattore di riduzione dovuto agli aggetti	pag 57
Figura 37_Geotermia, riscaldamento invernale	pag 68
Figura 38_Geotermia, raffrescamento estivo	pag 69
Figura 39_Ciclo inverso della pompa di calore	pag 70
Figura 40_Schema fattore prestazionale COP	pag 72
Figura 41_Sonda geotermica a doppia U	pag 72
Figura 42_Locale tecnico impianto geotermico	pag 73
Figura 43_Sistema sonde geotermiche	pag 73
Figura 44_disposizione cavedi tecnici all'interno dell'edificio	pag 75
Figura 45_Sistema di distribuzione delle colonne dell'impianto termo-idraulico	pag 75
Figura 46_Schema di posa pannelli radianti a pavimento	pag 76
Figura 47_Ingrandimento di figura 46	pag 76
Figura 48_Deumidificatore	pag 77
Figura 49_Sezione con indicazione del posizionamento del deumidificatore nell'ambiente	pag 77
Figura 50_Pannello fotovoltaico	pag 78
Figura 51_Collettore solare	pag 79
Figura 52_Schema funzionamento impianto solare	pag 80
Figura 53_Disposizione pannelli fotovoltaici e collettori solari sulla terrazza dello studentato	pag 80
Figura 54_Schema generale dell'impianto	pag 81

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1_Analisi dei carichi, solaio copertura praticabile	pag 17
Tabella 2_Analisi dei carichi, solaio intermedio (residenziale)	pag 17
Tabella 3_Analisi dei carichi, solaio intermedio (ballatoio)	pag 18
Tabella 4_Analisi dei carichi, solaio su interrato	pag 18
Tabella 5_Solaio tipo (S4+S3), ferri longitudinali	pag 19
Tabella 6_Solaio tipo (S4+S3), monconi	pag 19
Tabella 7_Solaio tipo (S2+S3), ferri longitudinali	pag 20
Tabella 8_Solaio tipo (S2+S3), monconi	pag 20
Tabella 9_Solaio tipo (S2+S3+S2), ferri longitudinali	pag 21
Tabella 10_Solaio tipo (S2+S3+S2), monconi	pag 21
Tabella 11_Predimensionamento pilastro	pag 22
Tabella 12_Trave longitudinale, ferri longitudinale	pag 24
Tabella 13_Trave longitudinale, staffe	pag 25
Tabella 14_Dimensionamento pilastro, analisi dei carichi	pag 27
Tabella 15_Dimensionamento pilastro, staffe	pag 27
Tabella 16_Dimensionamento pilastro, ferri longitudinali	pag 28
Tabella 17_Trave di fondazione, ferri longitudinali	pag 30
Tabella 18_Trave di fondazione, staffe	pag 30
Tabella 19_Calcolo delle azioni sismiche	pag 33
Tabella 20_Calcolo delle azioni del vento	pag 34
Tabella 21_Dati geometrici edificio	pag 42
Tabella 22_Superfici trasparenti e superfici opache	pag 43
Tabella 23_Trasmittanza parete perimetrale	pag 44
Tabella 24_Trasmittanza parete su scala antincendio	pag 44
Tabella 25_Trasmittanza solaio copertura praticabile	pag 45
Tabella 26_Trasmittanza solaio su piano interrato	pag 45
Tabella 27_Resistenze termiche di intercapedini non ventilate	pag 46
Tabella 28_Maggiorazioni percentuali relative alla presenza dei ponti termici in edifici esistenti	pag 46
Tabella 29_Trasmittanza componenti trasparenti	pag 47
Tabella 30_Valori della trasmittanza termica lineare nei serramenti per distanziatori in pvc	pag 47
Tabella 31_Valori convenzionali di trasmittanza, riflettanza e assorbanza normali per schermature regolabili	pag 50
Tabella 32_Valori di trasmittanza e riflettanza, schermature regolabili esterne a sud	pag 50
Tabella 33_Valori di trasmittanza e riflettanza, schermature regolabili esterne a est e ad ovest	pag 50
Tabella 34_Dati climatici di progetto	pag 51
Tabella 35_Fattore di esposizione	pag 51
Tabella 36_Potenza dispersa per trasmissione attraverso l'involucro edilizio	pag 51
Tabella 37_Potenza dispersa per ventilazione	pag 52
Tabella 38_Fattore di ripresa per edifici residenziali	pag 52
Tabella 39_Calcolo del coefficiente di scambio termico per trasmissione Ht	pag 53

Tabella 40_Fattori correttivi da applicare a ciascun componente, così da tener conto delle diverse condizioni di temperatura degli ambienti adiacenti alla zona termica considerata	pag 54
Tabella 41_Calcolo del coefficiente di scambio termico per ventilazione Hv	pag 54
Tabella 42_Calcolo delle dispersioni energetiche totali Q _{L,H} e Q _{L,C}	pag 55
Tabella 43_Calcolo degli apporti gratuiti interni	pag 56
Tabella 44_Fattori di riduzione dovuti all'ombreggiamento degli oggetti	pag 57
Tabella 45_Calcolo dei fattori di riduzione, esposizione componenti opachi	pag 58
Tabella 46_Riepilogo valori di trasmittanza e riflettanza delle schermature regolabili esterne	pag 58
Tabella 47_Calcolo dei fattori di riduzione, esposizione componenti trasparenti	pag 58
Tabella 48_Valori f _{b,i} , Regione Lombardia	pag 59
Tabella 49_Valori F _{Sh} , fattori di riduzione	pag 59
Tabella 50_Valori f _{Shd,j}	pag 60
Tabella 51_Apporti solari interni, stagione di riscaldamento	pag 60
Tabella 52_Apporti solari interni, stagione di raffrescamento	pag 61
Tabella 53_Apporti solari esterni	pag 61
Tabella 54_Fabbisogno termico, stagione di riscaldamento	pag 62
Tabella 55_Fabbisogno termico, stagione di raffrescamento	pag 63
Tabella 56_Rapporto S/V	pag 64
Tabella 57_Determinazione del valore EP _{H,lim}	pag 64
Tabella 58_Determinazione del valore Q _{EPH,annuo}	pag 64
Tabella 59_Certificazione energetica per il riscaldamento	pag 65
Tabella 60_Valori limite delle classi energetiche per la climatizzazione invernale	pag 65
Tabella 61_Determinazione del valore Q _{C,annuo}	pag 65
Tabella 62_Certificazione energetica per il raffrescamento	pag 66
Tabella 63_Valori limite delle classi energetiche per la climatizzazione estiva	pag 66
Tabella 64_Scambio termico sonde geotermiche-terreno	pag 72
Tabella 65_Caratteristiche tecniche deumidificatore	pag 77
Tabella 67_Caratteristiche tecniche pannello fotovoltaico	pag 78
Tabella 68_Caratteristiche tecniche collettore solare	pag 79

INDICE DEI GRAFICI

Grafico 1_Azione sismica, spettro di risposta	pag 33
Grafico 2_Fabbisogno termico, stagione di riscaldamento	pag 62
Grafico 3_Fabbisogno termico, stagione di raffrescamento	pag 63

ABSTRACT

Il progetto per la riqualificazione dell'area dell'ex centrale del latte di Milano si pone, nel contesto eterogeneo in cui è situata l'area, l'obiettivo della ricostruzione dell'isolato.

Sui presupposti di creare un'inversione di tendenza, sia rispetto alla chiusura storica di questo grande isolato (conseguente all'insediamento della centrale del latte), sia rispetto all'interpretazione tradizionale del piano Beruto (che prevedeva la frammentazione dell'area in quattro quadranti), il progetto propone l'apertura di un unico grande isolato. Apertura realizzata edificando solo ed esclusivamente il lato a nord, che si deve confrontare con l'edificazione ormai storicizzata dell'università Bocconi, e il lato a sud, che ha il compito di ripristinare il fronte sulla circonvallazione e di assolvere alla funzione di "filtro" e "protezione" della parte più centrale dell'area, nella quale sorgerà un grande spazio a verde.

Il progetto intende garantire un alto grado di permeabilità sia a livello visivo che a livello fisico, favorendo la percorribilità dell'area sia sull'asse nord-sud che sull'asse est-ovest, ponendosi crocevia delle connessioni tra il campus Bocconi e l'area Ex OM, e tra i parchi Baravalle e Ravizza. La volontà è quella di utilizzare lo spazio aperto pubblico come elemento strutturante e di riqualificazione dell'area a livello urbano. Attraverso la realizzazione di una grande area a verde centrale e la creazione di molteplici spazi aperti vengono a soddisfarsi così i nuovi indici urbanistici che garantiscono una densità del costruito minore, buon inizio per un aumento della qualità della vita in una città con un grande deficit di spazi pubblici.

I presupposti chiave dell'intervento sono quindi la ricostruzione dell'isolato attraverso il progetto del fronte, sia esso cortina o successione di pieni e vuoti, il tema della permeabilità e dello spazio aperto e non ultimo il problema della densità del costruito, producendo così un'inversione di rotta rispetto allo sfruttamento classico dell'isolato.

Caratteri di pubblicità, quali strategie di apertura e connessione, funzione igienico culturale e ricreativa, nonché la Mixité tipologica, finalizzata all'interazione sociale di sfere differenti, pongono inoltre l'accento sull'importanza attribuita all'aspetto sociale e ai modi di aggregazione.

Oggi si tende ad esaltare l'entità quartiere come elemento di scala intermedia tra la città e il nucleo abitativo. In questo senso la ricerca di un equilibrio tra gli usi privati della città (la residenza) e quelli pubblici (servizi al quartiere, commerci e soprattutto l'università) potrebbero essere la chiave di lettura di un quartiere contemporaneo.

PREMESSA

“Ogni organismo privato trae vantaggio notevole dall'appartenenza alla città, è un frutto che esiste perché esiste l'albero e che da esso trae nutrimento.

Questo risulta essere una sorta di patto non scritto che da sempre è stato il fondamento dell'urbanità e quindi ogni costruzione nei termini di questo fatto è tenuta a ricambiare il dono contribuendo al buon gusto e alla bellezza complessiva dell'organismo urbano.

Di cosa rilucono le città costruite come opere d'arte, se non dell'urbanitas, se non del farsi specchio di uno stile di vita che ha nella misura, nell'affabilità, e nel piacere del convivere i suoi fondamenti?

La lingua, le cose, il paesaggio, a saperli interrogare ci forniscono la consapevolezza della direzione che stiamo percorrendo.

Si prenda la lingua ad esempio:

al termine città si sono affiancati negli ultimi decenni aggettivi del tipo “diffusa”, “pubblica” (si presuppone quindi l'esistenza di una città privata).

La tendenza ricorrente è quella quindi di chiamare città una realtà che di urbano non ha nulla, se si fa riferimento alla città fatta di recinti, di corti impenetrabili, di parchi con chiusura a tempo, delle “gated community”, caratteristiche che negano alla base la concezione dell'urbe dove pubblico e privato sono inscindibili come “il respiro e l'aria”. Oggi infatti la tendenza è quella di produrre il comfort privato al prezzo dell'eleganza pubblica.”

(Giancarlo Consonni, discorso tratto da convegno “quale paesaggio per Milano?” presso studio Emilio Battisti.)

ANALISI STORICA

L'area in oggetto non compare sulle carte storiche fino alla redazione del piano Beruto del 1889, prima di allora infatti la grande maggioranza del territorio milanese oltre le mura spagnole era privo di struttura, è solo dopo il 1860 che il territorio esterno alla cerchia dei navigli fu rapidamente riempito, dalla tumultuosa crescita urbana, di nuove strade e costruzioni.

Il Piano Beruto rappresentò quindi l'inizio vero e proprio di una pianificazione stradale generale a Milano.

Dal disegno originario del 1889 l'area dell'ex centrale del latte viene suddivisa da un cardo e da un decumano in quattro quadranti, uno dei quali facente parte del disegno di parco Ravizza, opera intitolata ad Alessandrina Ravizza realizzata nel 1907.

In realtà la sorte di quest'area fu quella di rimanere un grande isolato nonostante il successivo piano Pavia-Masera ne confermasse la suddivisione.



Figura 1_Piano Beruto 1889



Figura 2_Piano Pavia Masera 1912

Nell'1927 infatti viene istituita la Centrale del Latte in virtù di una Deliberazione del Consiglio Comunale di Milano con la quale venne decisa la centralizzazione dei servizi di trattamento e commercializzazione del latte. L'obiettivo era quello di garantire la genuinità del prodotto destinato al consumo diretto e disciplinarne la vendita in modo da escludere adulterazioni e annacquamenti. L'area preposta all'insediamento fu proprio il perimetro compreso entro le vie Toscana, Sarfatti, Castelbarco e l'odierna via Bocconi.

L'aumento dei consumi di latte dovuto al rapido sviluppo economico e demografico della città rese inoltre necessaria la costruzione di un nuovo stabilimento che sorse sempre nel perimetro, in via Castelbarco, ed entrò in funzione il 22 ottobre 1957.

Dal dicembre 2006 La Centrale del Latte si è trasferita nel nuovo moderno stabilimento di produzione a Pasturago di Vernate e l'area comprata dall'università Bocconi.

Dal 1927 quindi possiamo assistere dal punto di vista urbano alla sparizione di un grande tassello della città che viene a negarsi ad essa non solo per la fruibilità pubblica (basti pensare che Milano è costituita solo ed esclusivamente da corti private) ma anche solo per il mancato rapporto spazio-tipo, le costruzioni del complesso infatti vengono poste al centro dell'area e il rapporto con la città affidato ad un semplice muro, che se pur abbellito da divertenti mosaici Bisazza negli anni '90 non ha avuto la forza d'incrementare l'urbanitas di Milano.

Istituita nel 1902 da Ferdinando Bocconi in memoria del figlio Luigi, caduto a Adua nel 1896, la Libera Università Commerciale Luigi Bocconi ebbe la sua prima sede in un palazzo appositamente costruito in largo Notari (Piazza Statuto). Forte del successo di iscrizioni, a metà anni Trenta viene richiesta ed ottenuta dal Comune di Milano un'area di proprietà pubblica dove realizzare la nuova sede.

L'accordo prevede che il Comune definisca un progetto di massima ma al tempo stesso che l'università si affidi ad un consulente di sua fiducia.

L'ex ministro Giovanni Gentile, sostenitore dell'università, coinvolge Giuseppe Pagano, direttore della rivista Casabella e protagonista del rinnovamento in architettura con opere come l'Istituto di Fisica nella Città Universitaria di Roma, dove aveva avuto modo di scontrarsi con il retorico monumentalismo di Marcello Piacentini. Il progetto comunale viene fermamente contestato da Pagano, che, inaspettatamente, è incaricato dal senatore Gentile di redigere un progetto alternativo. Dopo svariate vicissitudini e non senza opposizioni da parte di personalità come il Podestà di Milano, Pagano riesce a imporre un progetto fortemente innovativo, formato da volumi disposti liberamente sul lotto senza riconoscere il vincolo del perimetro dell'isolato. Lo schema cruciforme, in parte derivato dalla sede del Bauhaus di Walter Gropius, permette di areare e illuminare correttamente tutti gli ambienti.

Dal 1941 L'università Bocconi insisterà e costituirà il proprio campus tra viale Bligni e via CastelBarco, insinuandosi nel tessuto urbano andando così a costituire un organismo unitario fatto di parti e di frammenti, che cresce e contribuisce in tempi differenti allo sviluppo della città.



Figura 3_Campus Bocconi

1. Sede via Sarfatti 25

La sede dell'Università Bocconi si trova a Milano, in via Sarfatti 25, è stata progettata dall'Architetto Giuseppe Pagano e inaugurata il 21 dicembre 1941, ed è il primo nucleo storico. È un edificio dalle linee essenziali, importante esempio di architettura razionalista.

In questa sede sono situati gli uffici amministrativi dell'università, oltre ad aule, aule informatizzate, bar e ristorante.



Figura 4_Campus Bocconi_Sede via Sarfatti 25

2. Sede di via Roentgen

Il Grafton in cifre 68.628,34 m²

Piani fuori terra 6

Piani interrati s 3

Posti lavoro 1240

Posti Aula Magna 1000

Foyer 2500 m²

Spazio espositivo 500 m²

Posti auto 200

Moduli (da 17-13 m² e fuori misura)

Uffici 731

Sale riunioni 34

Sale server 11

Sale break 8

Totale 784



Figura 5_Campus Bocconi_Sede via Roentgen

Il nuovo edificio dell'Università Bocconi, situato tra viale Bligny e via Roentgen, nasce dal progetto degli irlandesi Grafton Architects.

Il nuovo edificio ospita tutta la Faculty dell'Università Bocconi, suddivisa nei 7 Dipartimenti e nei 24 Centri di ricerca.

Inoltre è sede di sale convegni, sale riunioni, un parcheggio sotterraneo e soprattutto della nuova Aula Magna, con un grande foyer e una sala esposizioni.

3 Aula magna di via Gobbi



Figura 6_Campus Bocconi_Aula magna via Gobbi

Completamente ristrutturata nel 2001, l'aula magna di via Gobbi da 374 posti è ospitata nell'edificio progettato dall'arch. Giovanni Muzio e con il figlio Lorenzo nel 1965 dove si trova anche la Biblioteca dell'Università.

4 Biblioteca



Figura 7_Campus Bocconi_Biblioteca

La biblioteca Bocconi è la più fornita in Italia in campo economico manageriale, con oltre 735.000 volumi e circa 25.000 titoli di riviste in formato cartaceo ed elettronico; offre inoltre circa 600 posti di studio, un servizio di prenotazione digitale remoto per ottenere i libri in prestito, numerose collezioni specializzate e collegamenti a 52 banche dati. Inoltre è sede del centro di documentazione europeo, ed è depositaria delle pubblicazioni dell'Asian Development Bank. Gli studenti possono usufruire di servizi qualificati sia per lo studio sia per la ricerca, con un catalogo informatico consultabile via web o tramite postazioni in sede.

5 Rettoria San Ferdinando



Figura_8_Campus Bocconi_Rettoria San Ferdinando

Comprende la Chiesa di San Ferdinando e alcuni ambienti destinati allo studio e alla formazione Spirituale degli studenti , dei docenti e del personale amministrativo della Bocconi.
Edificata tra il 1961 e il 1962 per volontà di donna Javotte Bocconi Manca di Villahermosa, ultima rappresentante della famiglia Bocconi e allora Presidente dell'Università, la Rettoria è opera dell'arch. Ferdinando Reggiori.

6 Piazza Sraffa 13



Figura 9_Campus Bocconi_Piazza Sraffa 13

L'edificio di piazza Sraffa 13 mette a disposizione degli studenti, in una struttura ad anfiteatro di 3 piani, 30 aule da 150 posti ciascuna, centinaia di posti di studio dotati di connessione con fibra ottica per collegarsi con il proprio pc alla rete ateneo, una sala professori, spazi break e una caffetteria.

7 SDA Bocconi



Figura 10_Campus Bocconi_SDA Bocconi

La SDA Bocconi School of Management si trova in via Bocconi 8, in due edifici a gradoni, rivestiti di pannelli metallici, progettati dall'ing. Vittore Ceretti. Fondata nel 1971, la SDA Bocconi è Leader in Italia e una delle maggiori Business school nel mondo. Ogni anno organizza più di 1000 corsi executive e catalogo e su commessa. Da più di 30 anni è sede dei corsi MBA (Master in Business Administration) riconosciuti a livello internazionale.

8 Libreria Egea



Figura 11_Campus Bocconi_Libreria Egea

Nell'Ottobre 2001, EGEA, la casa editrice dell'università ha aperto una grande libreria in via bocconi 8. Per le dimensioni dei suoi locali e per l'assortimento di titoli italiani e inglesi in tutte le aree dell'economia, del diritto e delle scienze sociali, la libreria è la prima a Milano in campo economico .

9 Centro Linguistico



Figura 12_Campus Bocconi_Centro linguistico

Il centro linguistico, fondato nel 1991, è stata la prima struttura di questo genere realizzata in Italia nell'ambito di una Facoltà di Economia.

Oltre ai corsi curricolari per inglese, francese, italiano per stranieri, portoghese, spagnolo e tedesco, il Centro organizza nell'ambito dell'offerta di attività integrative corsi di lingua e cultura araba, cinese, giapponese, portoghese, russa e di cultura statunitense.

10 Parco Ravizza



Figura 13_Campus Bocconi_Parco Ravizza

Il Parco è intitolato ad Alessandrina Ravizza, benefattrice.

Venne previsto nel 1889 dal Piano Regolatore Beruto, ma fu realizzato solo tra i 1903 e il 1905, quando la zona, fino a quel momento agricola, fu urbanizzata.

Vi sorsero molti quartieri di edilizia popolare e nacque la necessità di creare uno spazio verde, un “ombroso ritrovo” come lo definì l’architetto Tettamanzi, progettista. Fu così che l’area, precedentemente occupata dalla cascina Camporicco, divenne il Parco Ravizza.

Il Parco ha una pianta rettangolare, è attraversato da viali concepiti secondo un impianto sostanzialmente simmetrico ed è ricco di alberi ad alto fusto: tiglio, quercia, pioppo nero, bagolaro, cedro, platano, acero, carpino, olmo.

La superficie raggiunge circa 60.000m², lo delimitano viale Toscana, via Bocconi, viale Bach, via Vittadini.

11 Residenza via Bocconi + Mensa



Figura 14_Campus Bocconi_Residenza via Bocconi + Mensa

Sorto nel 1956 l’edificio ha una superficie di 5500 mq e può ospitare attualmente 260 studenti in camere singole. Progettato dall’arch. Giovanni Muzio è stata interamente ristrutturata nel consiglio di amministrazione dell’università per offrire una struttura ricettiva ai numerosi studenti. La residenza offre inoltre un servizio mensa aperto a tutti gli studenti.

DICHIARAZIONE D'INTENTI

La volontà è quella di creare un'inversione di tendenza sia rispetto alla chiusura storica di questo grande isolato (conseguente all'insediamento della centrale del latte) sia rispetto all'interpretazione tradizionale del piano Beruto che prevedeva la frammentazione dell'area in quattro quadranti attraverso il tracciamento di un cardo e di un decumano che in epoca contemporanea sarebbero diventati carrabili.

Il progetto propone quindi l'apertura di un unico grande isolato edificando solo ed esclusivamente il lato a nord, che si deve confrontare con l'edificazione ormai storicizzata dell'università Bocconi, e il lato sud che ha il compito di ripristinare un fronte sulla circonvallazione a protezione inoltre della parte più centrale dell'area, punto in cui sorgerà un grande spazio a verde.

Le linee del Beruto inoltre vengono utilizzate come spunto per l'orientamento degli edifici, dei percorsi pedonali e dello spazio aperto.

La decisione di produrre uno spazio a verde più centrale e protetto all'interno dell'isolato è scaturita da uno studio condotto sugli spazi aperti disegnati dal Beruto sul "Viale delle Regioni".

Il problema riscontrato è sempre lo stesso e l'errore non calcolato dipende dall'errata previsione dell'ingegnere che non fece i calcoli con l'aumento spropositato dell'utilizzo dell'automobile, che come oggi sappiamo produce inquinamento da gas di scarico e acustico.

Quello che abbiamo raccolto da questa analisi sono delle dinamiche sintomatiche e ricorrenti che caratterizzano queste spazialità:

1_ Allo spazio aperto corrisponde sempre un arretramento della cortina edilizia.

2_ Gli spazi aperti hanno dimensioni differenti in rapporto alla funzione:

Parchi

Piazze

Isole di traffico

3_ All'arretramento della cortina corrisponde uno sdoppiamento del traffico veicolare che circonda gli spazi aperti.

4_ L'accostamento dello spazio aperto al traffico veicolare produce una diminuzione di fruibilità da parte dei cittadini nei casi in cui gli spazi sono caratterizzati da grandi dimensioni, e totale perdita di funzione quando gli spazi in questione sono connotati da dimensioni esigue.

La volontà espressa dal progetto è quindi quella di utilizzare lo spazio aperto pubblico come elemento strutturante e di riqualificazione dell'area a livello urbano. Il nuovo intervento vuole riassumere al suo interno determinati caratteri di pubblicità:

- Strategie di apertura e connessione
- Funzione igienico culturale e ricreativa
- Mixità Tipologica

Il progetto intende garantire un alto grado di permeabilità sia a livello visivo che a livello fisico, favorendo la percorribilità dell'area sia sull'asse nord-sud che sull'asse est ovest, ponendosi crocevia delle connessioni tra il campus Bocconi e l'area Ex OM e tra i parchi Baravalle e Ravizza. Attraverso la realizzazione di una grande area a verde e la creazione di molteplici spazi aperti vengono a soddisfarsi i nuovi indici urbanistici che garantiscono una densità del costruito minore, buon inizio per un aumento della qualità della vita in una città con un grande deficit di spazi pubblici.

Mettendo a sistema le esigenze di cui sopra, le scelte tipologiche sono risultate differenti dettate dalle funzioni e dall'ubicazione.

Il programma funzionale prevede infatti una Mixità tipologica, finalizzata all'interazione sociale di sfere differenti.

L'impianto generale del progetto pone l'accento sull'importanza attribuita all'aspetto sociale e ai modi di aggregazione che la proposta induce.

Oggi si tende ad esaltare l'entità quartiere come elemento di scala intermedia tra la città e il nucleo abitativo. In questo senso la ricerca di un equilibrio tra gli usi privati della città, la residenza, e quelli pubblici, servizi al quartiere, commerci e soprattutto l'università, potrebbero essere la chiave di lettura di un quartiere contemporaneo.

PROGRAMMA D'INTERVENTO

Il programma di intervento prevede per la nuova area, sulla base delle necessità della Bocconi, le seguenti funzioni:

-residenza studentesca, che dagli attuali 1100 posti letto dislocati in diverse sedi nell'area, dovrebbe incrementare di altri 1100 posti letti a medio termine, sino ad arrivare a 5000 posti letto.

-servizi universitari: la sede esecutiva della Università Bocconi, vero e proprio Headquarter direzionale destinato a rappresentare anche simbolicamente il prestigio dell'università. La Mediateca, funzione di cui attualmente la Bocconi è carente. Spazi di aggregazione per gli studenti e luoghi di incontro, luoghi all'aperto o al coperto che hanno il fine di stabilire il collegamento tra università e città, tra insediamento e residenza urbana.

-residenza sociale

SCELTE TIPOLOGICHE

L'Headquarter Bocconi

La decisione di ubicare l'HD nel comparto a nord dell'area deriva da necessità prima di tutto strategiche ottenendo una più intima relazione con la sede di via Sarfatti e con la Biblioteca .

La ricostruzione dell'isolato su via Sarfatti viene realizzata con un unico edificio, compatto e massiccio che si rapporta al contesto, anche attraverso l'altezza (media delle altezze circostanti).

Un fronte continuo che si interrompe solo in corrispondenza del prolungamento di via Leopoldo Sabbatini, creando un grande portale che invita il fruitore ad entrare nell'isolato.

L'aspetto compatto dell'edificio non ne priva la permeabilità. La volontà è quella di ricostruire l'isolato attraverso però una bassa densità e una maggiore permeabilità rispetto all'isolato classico, con una sorta di inversione di rotta rispetto al passato.

Con l'apertura dell'isolato i retri delle "corti", così come inteso storicamente dal termine, diventano spazi che non assolvono più alla sola funzione di servizi, ma assumono aspetto differente, rapportandosi con ciò che le circonda. In base al rapporto più o meno intimo con le funzioni, si generano spazi dal carattere semi-pubblico o semi-privato.

L'edificato si sviluppa entro due margini, il primo quello di via Sarfatti e il secondo quello prodotto dalla continuazione di via Tantardini che originariamente, secondo i disegni del Beruto, vedeva il suo prolungamento all'interno dell'area in questione.

La necessità di ospitare aule, uffici, ecc ha fatto ricadere la scelta della distribuzione ottimale nel corpo in linea, che si sviluppa in lunghezza piegandosi su stesso dando origine a due spazi dal carattere intrinseco, interpretabili nella forma della "corte", e uno spazio, tra di esse, dal carattere più prettamente pubblico.

Da quest'ultimo spazio, connesso a via Sarfatti attraverso il grande portale e aperto sul parco lineare all'interno dell'isolato, avvengono gli accessi ai due comparti funzionali, individuati nelle due corti laterali.

Quello amministrativo, che ha l'ingresso direttamente da questo spazio centrale, accoglie la nuova presidenza, dipartimenti e segreterie, articolandosi attorno ad uno spazio aperto più introverso e

contemplativo. Quello didattico, che ha l'ingresso dalla propria corte, quindi in maniera indiretta rispetto allo spazio centrale, accoglie aule, spin off e mediateca, producendo uno spazio più pubblico in relazione ad un utilizzo più dinamico e flessibile da parte degli studenti.

La volontà è quindi quella di realizzare un edificio compatto e massiccio che faccia da quinta all'isolato storicizzato occupato dal tessuto misto del campus Bocconi e del quartiere residenziale di via Sarfatti.

I presupposti chiave dell'intervento sono la ricostruzione dell'isolato attraverso il progetto del fronte, sia esso cortina o successione di pieni e vuoti, il tema della permeabilità e dello spazio aperto e non ultimo il problema della densità del costruito, producendo così un'inversione di rotta rispetto allo sfruttamento classico dell'isolato.



Figura 15_Planimetria area

Il tema dell'abitare

La ricostruzione dell'isolato sulla circonvallazione viene affidata al comparto residenziale.

La scelta di ricostruire il fronte attraverso una successione di pieni e vuoti attestando gli edifici in linea in modo perpendicolare nasce da esigenze differenti:

-proteggere l'area verde centrale dal traffico veicolare assolvendo alla funzione di "filtro e protezione" del parco interno attestandosi e garantendo il diretto rapporto con la strada.

-garantire un alto comfort di salubrità degli affacci attraverso un'esposizione est-ovest non direttamente esposti al traffico.

Al commercio si declina la funzione di tenere insieme i 5 edifici e di garantire alla scala umana il diretto rapporto con la strada, per mezzo di un basamento che costeggia la circonvallazione (seguendo il profilo stradale) e che ne permette anche la permeabilità dell'area.

Le residenze sono divise a loro volta in due comparti, quello dello studentato Bocconi a sud-ovest e quello destinato ad accogliere le residenze sociali a sud-est (vista l'appartenenza dell'area al comune).

Tra un edificio e l'altro quindi si succedono una serie di spazi pubblici aperti, animati dalle attività di servizio della residenza sociale e della residenza studentesca e inoltre da quei servizi pensati alla scala del quartiere ubicati nel basamento prospiciente su via Toscana.

La vocazione di questi spazi è quella di stimolare l'uso creativo e diverse forme di appropriazione.

Lo sfondo che delimita questi luoghi naturali della socializzazione è uno spazio a verde pensato come una grande stanza delimitata da due filari di alberi piantati sulla direttrice di via Tantardini, che ha il suo focus su Parco Ravizza

Residenza Studentesca

La residenza studentesca si articola in tre edifici in linea delimitati a nord dal parco lineare e a est dal tracciato pedonale che connette l'area di progetto al campus Bocconi. Il comparto studentesco ospita alloggi per un totale di circa 400 posti letto.

Una coppia di scale posizionate al centro dell'edificio costituisce la risalita verticale, dando accesso ad ogni piano ad un corridoio centrale di distribuzione, che gode di illuminazione dall'alto e sull'asse nord-sud per mezzo di vetrate sui due fronti corti. Tagli nel pavimento permettono gli affacci sui piani sottostanti, rendendo il corridoio distributivo uno spazio più articolato e piacevole, che assolve non solo alla funzione connettiva, ma quella di essere inoltre luogo di aggregazione e socializzazione per gli studenti.

Gli alloggi, disposti in serie a partire dal corridoio centrale, sono di due tagli: alloggio per singolo studente (18mq) e alloggio per quattro studenti (55mq). Il primo, cellula base, è costituito da una camera per singola persona (con scrivania), e bagno. Il secondo, ottenuto dall'unione di tre cellule, è un mini appartamento formato da due camere con 2 letti singoli (dotate di scrivania), che condividono una cucina.

Gli alloggi sono stati progettati garantendo le minime dotazioni necessarie, al fine di promuovere l'utilizzo degli spazi comuni al piede e quindi la socializzazione.

Una serie di servizi a piano terra completano l'edificio: la sala studio (190mq) che si affaccia sul parco, la palestra (130mq), sala informatizzata (50mq), deposito bici (50mq), lavanderia (40mq), amministrazione e reception (50mq).

Le 2 cucine (40mq l'una) distribuite ai vari piani e le due terrazze panoramiche poste sia a nord che a sud dell'ultimo piano completano la dotazione di servizi.

Housing Sociale

Alloggio sociale: l'unità immobiliare adibita ad uso residenziale in locazione permanente che svolge la funzione di interesse generale, nella salvaguardia della coesione sociale, di ridurre il disagio abitativo di individui e nuclei familiari svantaggiati, che non sono in grado di accedere alla locazione di alloggi nel libero mercato. L'alloggio sociale si configura come elemento essenziale del sistema di edilizia residenziale sociale costituito dall'insieme dei servizi abitativi finalizzati al soddisfacimento delle esigenze primarie.

I due edifici d'housing sociale sono localizzati nel comparto sud-est dell'area e prospettano sulla circonvallazione e su parco Ravizza. Tra i due edifici si ha lo spazio aperto pavimentato delimitato per due lati dai piani terra degli edifici stessi, che ospitano negozi, e da un terzo braccio, che costeggia la circonvallazione e che ospita i servizi alla residenza: centro di aggregazione giovanile, sala polivalente e deposito bici. Il restante lato è aperto e si affaccia sul parco lineare interno all'area. Tale spazio, delimitato dai servizi necessari, assume così un carattere più "privatizzato" e "proprio" della residenza sociale. Le portinerie al piano terra fanno da filtro tra lo spazio esterno e la residenza.

Ogni singolo edificio si articola su due corpi di risalita e ospita un totale di 29 alloggi. Gli spazi di risalita e di distribuzione ai piani sono ridotti al minimo, e permettono l'accesso a 4, 5, o 6 alloggi al piano per singolo corpo scala.

Le diverse tipologie di appartamenti progettati garantiscono una buona mixité d'utenti. Gli alloggi, principalmente bilocali e trilocali, sono in percentuali di circa il 50% tagli piccoli (monolocali e bilocali) e 50% tagli grandi (trilocali e quadrilocali). Per ogni taglio di alloggio sono stati progettati differenti varianti distributive e dimensionali: monocale (30mq), bilocali (47mq e 52mq), trilocali (74mq e duplex da 65mq), quadrilocali (110mq e duplex da 95mq).

Gli appartamenti sono progettati con attenzione all'esposizione solare e alla ventilazione incrociata est-ovest, e godono tutti di logge scavate nel volume dell'edificio.

La terrazze all'ultimo piano (una per corpo scala) e la lavanderia, utensileria, ai piani bassi, completano la dotazione di servizi.

PROGETTO STATICO

DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

- Pianta a corpo unico
- 4 gruppi scala interni
- 3 campate in sezione trasversale
- 18 campate in sezione longitudinale
- Solai in latero-cemento (h 22+4cm)
- 5 piani fuori terra
- 1 piano interrato

DEFINIZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

(D.M. 14/01/2008 – “Norme tecniche per le costruzioni”)

CALCESTRUZZO R_{ck} 35MPa

$$\gamma_c = 1,5$$

$$f_{ck} = 0,83 * R_{ck} = 0,83 * 35\text{MPa} = 29,05\text{MPa}$$

$$\sigma_c < 0,60 * f_{ck} = \sigma_{c \text{ lim}} = 0,60 * 29,05 \text{ MPa} = 17,43\text{MPa}$$

$$\sigma_c < 0,45 * f_{ck} = \sigma_{c \text{ lim}} = 0,45 * 29,05 \text{ MPa} = 13,07\text{MPa}$$

ACCIAIO B450C

$$\gamma_s = 1,15$$

$$f_{yk} = 450\text{MPa}$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450\text{MPa} / 1,15 = 391,3\text{MPa}$$

$$f_{tk} = 540\text{MPa}$$

$$f_{td} = f_{tk} / \gamma_s = 540\text{MPa} / 1,15 = 470\text{MPa}$$

$$\sigma_s < 0,80 * f_{yk} = \sigma_{s \text{ lim}} = 0,80 * 450 \text{ MPa} = 360\text{MPa}$$

ANALISI DEI CARICHI

S1_SOLAIO DI COPERTURA praticabile

	Analisi dei carichi solaio	KN/m²	KN/m²	KN/m²
	Materiale	G₁	G₂	Q
1	Pavimentazione galleggiante (2cm)		0,70	
2	Guaina impermeabilizzante		0,30	
3	Massetto di pendenza 2% (10cm)		1,10	
4	Isolante (5cm)		0,05	
5	Barriera vapore		-	
6	Feltro antiticchettio		-	
7	Getto di completamento (4cm)	1,00		
	Solaio latero-cemento (22cm)	2,00		
8	Intonaco (2cm)		0,40	
	Sovraccarico d'esercizio			4,00
	Tot	3,00	2,55	4,00
			9,55	

Tabella 1

Carico Permanente Strutturale (G1) = 3,00 KN/m²

Carico Permanente Portato (G2) = 2,55 KN/m²

Carico Accidentale (Q) = 4,00 KN/m²

$$G = 5,55 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 2,80 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 2,00 \text{ KN/m}$$

S2_SOLAIO INTERMEDIO (residenziale)

	Analisi dei carichi solaio	KN/m²	KN/m²	KN/m²
	Materiale	G₁	G₂	Q
1	Pavimentazione (2cm)		0,45	
2	Pannelli radianti a pavimento (8cm)		1,20	
3	Isolante (4cm)		0,05	
4	Massetto allegg. porta impianti (8cm)		0,90	
5	Feltro antiticchettio		-	
6	Getto di completamento (4cm)	1,00		
	Solaio in latero-cemento (22cm)	2,00		
7	Intonaco (2cm)		0,40	
8	Tramezzi interni		1,00	
	Sovraccarico d'esercizio			2,00
	Tot	3,00	4,00	2,00
			9,00	

Tabella 2

Carico Permanente Strutturale (G1) = 3,00 KN/m²

Carico Permanente Portato (G2) = 4,00m²

Carico Accidentale (Q) = 2,00 KN/m²

$$G = 7,00 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 3,50 \text{ KN/m}$$

$$Q = 2,00 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 1,00 \text{ KN/m}$$

S3_SOLAIO INTERMEDIO (ballatoio)

	Analisi dei carichi solaio	KN/m²	KN/m²	KN/m²
	Materiale	G₁	G₂	Q
1	Pavimentazione (2cm)		0,45	
2	Pannelli radianti a pavimento (8cm)		1,20	
3	Isolante (4cm)		0,05	
4	Massetto allegg. porta impianti (8cm)		0,90	
5	Feltro antiticchettio			
6	Getto di completamento (4cm)	1,00		
	Solaio in latero-cemento (22cm)	2,00		
7	Intonaco (2cm)		0,40	
8	Balaustra		0,40	
	Sovraccarico d'esercizio			4,00
	Tot	3,00	3,40	4,00
			10,40	

Tabella 3

Carico Permanente Strutturale (G1) = 3,00 KN/m²

Carico Permanente Portato (G2) = 3,40 KN/m²

Carico Accidentale (Q) = 4,00 KN/m²

$$G = 6,40 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 3,20 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 2,00 \text{ KN/m}$$

S5_SOLAIO SU INTERRATO

	Analisi dei carichi solaio	KN/m²	KN/m²	KN/m²
	Materiale	G₁	G₂	Q
1	Pavimentazione (2cm)		0,45	
2	Pannelli radianti a pavimento (8cm)		1,20	
3	Isolante (4cm)		0,05	
4	Feltro antiticchettio		-	
5	Massetto allegg. porta impianti (8cm)		0,90	
6	Barriera vapore		-	
7	Isolante (4cm)		0,05	
8	Solaio lastre predalles(25cm)	4,10		
9	Impianti		0,20	
10	Tramezzi interni		1,00	
	Sovraccarico d'esercizio			4,00
	Tot	4,10	3,85	4,00
			11,95	

Tabella 4

Carico Permanente Strutturale (G1) = 4,10 KN/m²

Carico Permanente Portato (G2) = 3,85 KN/m²

Carico Accidentale (Q) = 4,00 KN/m²

$$G = 7,95 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 4,00 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00 \text{ KN/m}^2 * (0,25\text{m} + 0,25\text{m}) = 2,00 \text{ KN/m}$$

DIMENSIONAMENTO SOLAI:

SOLAIO TIPO (S4+S3) INCASTRO

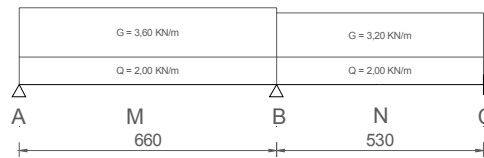


Figura 16

DIMENSIONAMENTO FERRI LONGITUDINALI

$$A_s = M / 0,9 * d * \sigma_s$$

$$A_{s,SLU} = M / 0,9 * 24\text{cm} * 391,30\text{Mpa}$$

	l (m)	M _{max} (KN*m)		A _{s,SLU} (cm ²)			φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	10,16	A	1,20		A _{s,sup} A _{s,inf}				1				1,54
M	2,76	28,61	M	3,38	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}				2				3,47
B	6,60	-32,40	B	3,83		A _{s,sup} A _{s,inf}					2			4,02
N	9,31	7,95	N	0,94	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}			1					1,52
C	11,90	-15,87	C	1,88		A _{s,sup} A _{s,inf}					1			2,01

Tabella 5

Nel punto A, a causa della presenza della trave, e quindi della possibilità di un comportamento del solaio come fosse incastrato viene posizionato un ferro φ12 dimensionato secondo il momento ottenuto con il calcolo della seguente formula: $M = (g+q) \cdot l^2 / 24$

DIMENSIONAMENTO MONCONI

$$A_s = T / \sigma_s$$

$$A_s = T / 391,30\text{N/mm}^2$$

	l (m)	T _{sx} (KN)	T _{dx} (KN)		A _s (cm ²)		φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	0,00	20,96	A	0,54	A _{s,inf}			1					0,79
M	2,76	0,00	0,00	M	0,00	A _{s,inf}								
B	6,60	30,25	23,40	B	0,77	A _{s,inf}			1					0,79
N	9,31	0,00	0,00	N	0,00	A _{s,inf}								
C	11,90	18,47	0,00	M	0,47	A _{s,inf}	1							0,79

Tabella 6

SOLAIO TIPO (S2+S3) con sbalzo

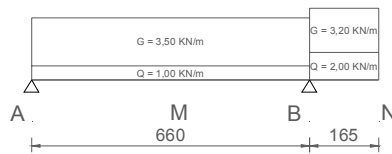


Figura 17

DIMENSIONAMENTO FERRI LONGITUDINALI S2+S3

$$A_s = M / 0,9 * d * \sigma_s$$

$$A_{s,SLU} = M / 0,9 * 24\text{cm} * 391,30\text{Mpa}$$

	l (m)	M _{max} (KN*m)		A _{s,SLU} (cm ²)			φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	8,17	A	0,97		A _{s,sup} A _{s,inf}	1							1,13
M	3,22	30,80	M	3,64	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}	2							4,41
B	6,60	-9,747	B	1,15		A _{s,sup} A _{s,inf}	1							1,54
N	8,25	0,00	N	0,00	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}								0,39

Tabella 7

Nel punto A, a causa della presenza della trave, e quindi della possibilità di un comportamento del solaio come fosse incastrato viene posizionato un ferro φ12 dimensionato secondo il momento ottenuto con il calcolo della seguente formula: $M = (g+q)*l^2/24$

DIMENSIONAMENTO MONCONI

$$A_s = T / \sigma_s$$

$$A_s = T / 391,30\text{N/mm}^2$$

	l (m)	T _{sx} (KN)	T _{Dx} (KN)		A _s (cm ²)		φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	0,00	19,31	A	0,49	A _{s,inf}	1							0,50
M	3,22	0,00	0,00	M	0,00	A _{s,inf}								
B	6,60	21,44	11,81	B	0,55	A _{s,inf}	1							0,79
N	8,25	0,00	0,00	N	0,00	A _{s,inf}								

Tabella 8

SOLAIO TIPO (S2+S3+S2)

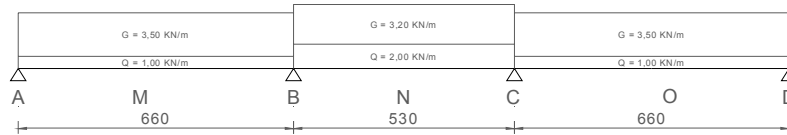


Figura 18

DIMENSIONAMENTO FERRI LONGITUDINALI

$$A_s = M / 0,9 * d * \sigma_s$$

$$A_{sLU} = M / 0,9 * 24\text{cm} * 391,30\text{Mpa}$$

	l (m)	M _{max} (KN*m)		A _{s,SLU} (cm ²)			φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	8,17	A	0,97		A _{s,sup} A _{s,inf}				1				1,13
M	2,84	24,10	M	2,85	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}				2				3,47
B	6,60	-25,90	B	3,06		A _{s,sup} A _{s,inf}				2				3,08
N	9,25	-7,813 7,308	N	0,92 0,86	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}				1				1,54 1,18
C	11,90	-25,90	C	3,06		A _{s,sup} A _{s,inf}				2				3,08
O	15,66	24,10	O	2,85	2φ5(0,39)	A _{s,sup} A _{s,inf}				2				3,47
D	18,50	8,17	D	0,97		A _{s,sup} A _{s,inf}				1				1,13

Tabella 9

Nel punto A, a causa della presenza della trave, e quindi della possibilità di un comportamento del solaio come fosse incastrato viene posizionato un ferro φ12 dimensionato secondo il momento ottenuto con il calcolo della seguente formula: $M = (g+q)*l^2/24$

DIMENSIONAMENTO MONCONI

$$A_s = T / \sigma_s$$

$$A_s = T / 391,30\text{N/mm}^2$$

	l (m)	T _{sx} (KN)	T _{Dx} (KN)		A _s (cm ²)		φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	A _s (cm ²)
A	0,00	0,00	17,08	A	0,44	A _{s,inf}	1							0,50
M	2,84	0,00	0,00	M	0,00	A _{s,inf}								
B	6,60	23,89	20,84	B	0,61	A _{s,inf}		1						0,79
N	9,25	0,00	0,00	N	0,00	A _{s,inf}								
C	11,90	20,84	23,89	M	0,61	AS_inf		1						0,79
O	15,66	0,00	0,00	B	0,55	AS_inf								
D	18,50	17,08	0,00	N	0,00	AS_inf	1							0,50

Tabella 10

PREDIMENSIONAMENTO PILASTRO

$$Ns_1 = 9,55\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 3,30\text{m}) + 3,28\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 2,65\text{m}) = 120,62 \text{ KN}$$

$$Ns_2 = 8,60\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 3,30\text{m}) + 10,40\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 2,65\text{m}) = 167,82\text{KN}$$

$$Ns_3 = 8,60\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 3,30\text{m}) + 10,40\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 2,65\text{m}) = 167,82\text{KN}$$

$$Ns_4 = 8,60\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 3,30\text{m}) + 10,40\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 2,65\text{m}) = 167,82\text{KN}$$

L'area di influenza si raddoppia perché ogni pilastro a terra ne sostiene due:

$$Ns_5 = 8,60\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 3,30\text{m}) * 2 + 10,40\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 2,65\text{m}) * 2 = 335,64\text{KN}$$

$$Ns_6 = 11,20\text{KN/m}^2 * (3,00\text{m} * 5,95\text{m}) * 2 = 399,84 \text{ KN}$$

$$A_{c,max} = N_{Ed} / (0,8 * f_{cd})$$

	N_{Ed} (KN)	N (KN)	f_{cd} (MPa)	x 0,80	$A_{c,max}$ (cm ²)	Lato a (cm)	Lato b (cm)
P ₁	120,62	120,62	15,9	12,7	94,98	25	25
P ₂	167,82	288,44	15,9	12,7	227,11	25	25
P ₃	167,82	456,26	15,9	12,7	359,26	25	25
P ₄	167,82	624,08	15,9	12,7	491,40	25	25
P ₅	335,64 + 2N P ₄	1583,62	15,9	12,7	1246,94	35	35
P ₆	399,84	1983,46	15,9	12,7	1561,78	35	45

Tabella 11

DIMENSIONAMENTO TRAVE LONGITUDINALE

Considerando:

Campata 1 (spazi comuni + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 7,20\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 40,72 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 4,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 23,80 \text{ KN/m}$$

Campata 2 (spazi comuni + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,15\text{m} + 7,20\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 37,52 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,15\text{m} + 4,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 21,80 \text{ KN/m}$$

Campata 3 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 4 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 5 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 40,06 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 17,20 \text{ KN/m}$$

Campata 6 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 7 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 8 (residenza + ballatoio + metà rampa scala):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 40,06 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 17,20 \text{ KN/m}$$

Campata 9 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 0,95\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 29,18 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 0,95\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 10,40 \text{ KN/m}$$

Campata 10 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 0,95\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 29,18 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 0,95\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 10,40 \text{ KN/m}$$

Campata 11 (residenza + ballatoio + metà rampa scala):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 40,06 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 17,20 \text{ KN/m}$$

Campata 12 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 13 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 14 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 40,06 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 17,20 \text{ KN/m}$$

Campata 15 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 16 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 33,66 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 1,65\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 13,20 \text{ KN/m}$$

Campata 17 (residenza + ballatoio):

$$G = 6,40\text{KN/m}^2 * 2,15\text{m} + 7,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 36,86 \text{ KN/m}$$

$$Q = 4,00\text{KN/m}^2 * 2,15\text{m} + 2,00\text{KN/m}^2 * 3,30\text{m} = 15,20 \text{ KN/m}$$

Campata 18: vano scala antincendio

$$\sigma_s = 391,30 \text{ Mpa} = 391,30 \text{ N/mm}^2 \quad f_s = 1,20\% \quad \gamma_{cls} = 25,00 \text{ KN/m}^3 \quad \text{peso solaio} = 3,00 \text{ KN/m}^2$$

$$h = 0,26\text{m} \quad c = 2\text{cm} \quad d = h - c = 0,26\text{m} - 0,02\text{m} = 0,24\text{m}$$

$$\text{largh pilastro} = 0,25\text{m} \quad b = \text{largh pil} + h \text{ solaio} = 0,25\text{m} + 0,26\text{m} = 0,51\text{m}$$

$$M_{Ed} = 77,79\text{KN}\cdot\text{m}$$

$$B = M_{Rd} / (\mu_{Rd} \cdot d^2 \cdot f_{cd}) = 77,90\text{KN}\cdot\text{m} / (0,200 \cdot 0,24^2\text{m} \cdot 15900\text{KN/m}) = 0,42\text{m} \approx 0,45\text{m}$$

da programma si ottiene il diagramma dei momenti.

Si determina poi per ogni sezione l'area dei ferri longitudinali necessaria con :

$$A_s = M / (0,9 \cdot d \cdot \sigma_s)$$

	l (m)	M _{max} (KN*m)		A _{s,SLU} (cm ²)		φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	φ22	φ24	As (cm ²)
A	0,00	0,00	A	0,00	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3							3,39
a	1,25	70,72	a	8,37	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3			2				8,47
B	3,00	-77,79	B	-9,20	A _{s, sup}			3				2			9,67
					A _{s, inf}			3							3,39
b	4,55	41,88	b	4,95	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3			1				5,40
C	6,00	-53,96	C	-6,38	A _{s, sup}			3	2						6,47
					A _{s, inf}			3							3,39
c	7,45	37,45	c	4,43	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3+1							4,52
D	9,00	-49,87	D	-5,90	A _{s, sup}			3	2						6,47
					A _{s, inf}			3							3,39
d	10,45	34,47	d	4,08	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3+1							4,52
E	12,00	-55,71	E	-6,59	A _{s, sup}			3		2					7,41
					A _{s, inf}			3							3,39
e	13,45	44,28	e	5,24	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3		1					5,40
F	15,00	-56,01	F	-6,63	A _{s, sup}			3		2					7,41
					A _{s, inf}			3							3,39
f	16,55	34,67	f	4,10	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3+1							4,52
G	18,00	-47,65	G	-5,64	A _{s, sup}			3+2							5,65
					A _{s, inf}			3							3,39
g	19,45	34,29	g	4,06	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3+1							4,52
H	21,00	-56,08	H	-6,63	A _{s, sup}			3		2					7,41
					A _{s, inf}			3							3,39
h	22,55	44,42	h	5,26	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3		1					5,40
I	24,00	-52,16	I	-6,17	A _{s, sup}			3	2						6,47
					A _{s, inf}			3							3,39
i	25,55	28,99	i	3,43	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3+1							4,52
L	27,00	-39,47	L	-4,67	A _{s, sup}			3	1						4,93
					A _{s, inf}			3							3,39
I	28,45	28,99	I	3,43	A _{s, sup}			3+1							4,52
					A _{s, inf}			3							3,39
M	30,00	-52,15	i	-6,17	A _{s, sup}			3							3,39
					A _{s, inf}			3	2						6,47
m	31,45	44,42	L	5,26	A _{s, sup}			3		1					5,40
					A _{s, inf}			3							3,39
N	33,00	-56,06	L	-6,63	A _{s, sup}			3		2					7,41
					A _{s, inf}			3							3,39

Tabella 12

STAFFE TRAVE LONGITUDINALE

Da programma si ottiene il diagramma dei tagli.

Si effettua la verifica di resistenza per il taglio massimo della sezione di calcestruzzo:

$$p_{Ed} = 1,3 * 40,72\text{KN/m} + 1,5 * 23,80\text{KN/m} = 88,64\text{KN/m}$$

$$V_{Ed,max} = 150,90\text{ KN} - (88,64\text{KN/m} * 0,25/2) = 139,82\text{KN}$$

$$V_{Rcd} = (f_{cd} / 4) * B * 0,9 * d \geq V_{Ed,max} = (15900\text{KN/m} / 4) * 0,45\text{m} * 0,9 * 0,24 = 386,37\text{KN} \geq V_{Ed,max}$$

Calcolo staffe per la campata 1:

$$V_{Ed,Sx} = 100,90\text{KN/m} - (88,64\text{KN/m} * 0,25/2) = 89,82\text{KN}$$

$$V_{Ed,Dx} = 150,90\text{ KN} - (88,64\text{KN/m} * 0,25/2) = 139,82\text{KN}$$

$$\text{Passo staffe } s = \min(30\text{cm}; 0,80 * 24\text{cm}) = 19,2\text{ cm}$$

Uso staffe Ø10/15cm a 2 bracci

$$V_{Rsd,min} = f_{yd} * (A_{sw} / s) * 0,9 * d = (391,3\text{N/mm}^2 * 2 * (79\text{ mm}^2 / 150\text{mm}) * 0,9 * 240\text{mm}) / 1000 = 89,03\text{KN}$$

campata	T (KN)		G	Q	P _{ed} (KN/m)	Ø10/15cm a 2 bracci			2 bracci	
	T _{sx}	T _{dx}				V _{Rsd,min}	dist. da Sx	dist. da Dx	staffe Sx	staffe Dx
A-B	100,90	150,90	40,72	23,8	88,636	89,03	-0,13	-0,70	Ø10/12,5	Ø10/7,5
B-C	129,80	114,60	37,52	21,8	81,476	89,03	-0,50	-0,31	Ø10/10	Ø10/10
C-D	98,40	97,29	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,15	-0,13	Ø10/12,5	Ø10/12,5
D-E	94,91	99,00	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,09	-0,16	Ø10/12,5	Ø10/12,5
E-F	115,30	115,60	40,06	17,2	77,878	89,03	-0,34	-0,34	Ø10/10	Ø10/10
F-G	99,31	93,90	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,16	-0,08	Ø10/12,5	Ø10/12,5
G-H	93,56	99,33	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,07	-0,16	Ø10/12,5	Ø10/12,5
H-I	115,80	113,60	40,06	17,2	77,878	89,03	-0,34	-0,32	Ø10/10	Ø10/10
I-L	86,34	78,24	29,18	10,4	53,534	89,03	0,00	0,00	Ø10/15	Ø10/15
L-M	78,24	86,34	29,18	10,4	53,534	89,03	0,00	0,00	Ø10/15	Ø10/15
M-N	113,60	115,80	40,06	17,2	77,878	89,03	-0,32	-0,34	Ø10/10	Ø10/10
N-O	99,31	93,55	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,16	-0,07	Ø10/12,5	Ø10/12,5
O-P	93,85	99,21	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,08	-0,16	Ø10/12,5	Ø10/12,5
P-Q	115,30	115,20	40,06	17,2	77,878	89,03	-0,34	-0,34	Ø10/10	Ø10/10
Q-R	98,37	93,61	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,15	-0,07	Ø10/12,5	Ø10/12,5
R-S	92,44	96,53	33,66	13,2	63,558	89,03	-0,05	-0,12	Ø10/12,5	Ø10/12,5
S-T	100,80	110,80	33,86	15,2	66,818	89,03	-0,18	-0,33	Ø10/12,5	Ø10/10

Tabella 13

DIMENSIONAMENTO DI MASSIMA TRAVE PIANO PRIMO (+5,00m)

Il progetto in questione è caratterizzato da una struttura portante verticale, che si dispone con una maglia da 6,30x3,00 m, con pilastri 25x25 cm, ad esclusione del piano terra e del piano interrato. A partire da piano terra i pilastri si “diradano” saltandone uno ogni due, andando quindi a raddoppiare la propria area di influenza, generando una nuova maglia da 6,30x6,00 m. A causa di ciò la trave di collegamento tra i pilastri del piano terra dovrà farsi carico, oltre al peso dell’impalcato sovrastante, anche del peso del pilastro posto in falso, in mezzera della trave, scaricante il peso dei 4 piani superiori.

La questione può essere riassunta con lo schema seguente:

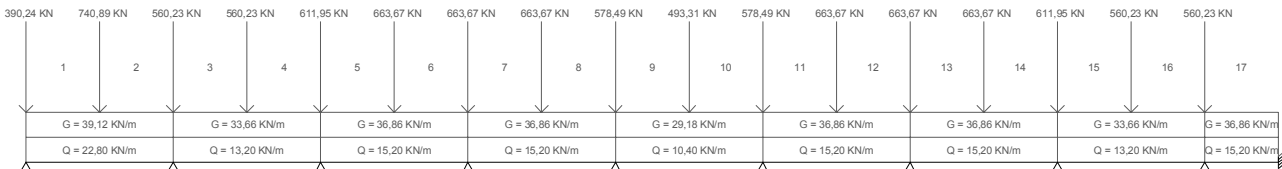


Figura 19

Si è scelto un dimensionamento di massima della trave andando ad analizzare la campata in cui si riscontra il momento massimo maggiore, considerando per il carico concentrato un’approssimazione pari a $M = PL / 5$ e per il carico distribuito pari a $M = qL^2/10$. Si è scelto per questo elemento strutturale un cls con $R_{ck} = 400$

A tal fine è stata presa in considerazione la campata n°1-2:

- Carico concentrato $P = 740,89\text{KN}$
- Carico distribuito $q = 39,12\text{KN/m} + 22,80\text{KN/m} = 61,92\text{KN/m}$
- luce $L = 6,00\text{m}$

$$M_P = PL / 5 = (740,89\text{KN} * 6,00\text{m}) / 5 = 889,07\text{KN*m}$$

$$M_q = qL^2/10 = (61,92\text{KN/m} * 6,00^2\text{m}) / 10 = 222,91\text{KN*m}$$

$$M_{TOT} = M_P + M_q = 889,07\text{KN*m} + 222,91\text{KN*m} = 1111,98\text{KN*m}$$

$$M_{Ed} = 1111,98\text{KN*m}$$

$$B = M_{Rd} / (\mu_{Rd} * d^2 * f_{cd}) = 1111,98\text{KN*m} / (0,200 * 0,78^2\text{m} * 18130\text{KN/m}) = 0,50\text{m}$$

In tale campata è necessario prevedere una trave ribassata con $b = 0,50\text{m}$ e $h = 0,80\text{m}$

Andando ad analizzare invece una campata più ricorrente all’interno della struttura, campata 5-6, mantenendo costante la larghezza della trave, si ha:

- Carico concentrato $P = 663,67\text{KN}$
- Carico distribuito $q = 36,86\text{KN/m} + 15,20\text{KN/m} = 52,06\text{KN/m}$
- luce $L = 6,00\text{m}$

$$M_P = PL / 5 = (663,67\text{KN} * 6,00\text{m}) / 5 = 796,40\text{KN*m}$$

$$M_q = qL^2/10 = (52,06\text{KN/m} * 6,00^2\text{m}) / 10 = 187,42\text{KN*m}$$

$$M_{TOT} = M_P + M_q = 796,40\text{KN*m} + 187,42\text{KN*m} = 983,82\text{KN*m}$$

$$M_{Ed} = 1111,98\text{KN*m}$$

$$B = M_{Rd} / (\mu_{Rd} * d^2 * f_{cd}) = 983,82\text{KN*m} / (0,200 * 0,73^2\text{m} * 18130\text{KN/m}) = 0,50\text{m}$$

In tali campate è necessario prevedere una trave ribassata con $b = 0,50\text{m}$ e $h = 0,75\text{m}$

Non essendoci una sostanziale differenza è possibile la realizzazione costante di trave con sezione 0,50mx0,80m, per garantire una maggiore uniformità in fase di realizzazione.

Si determina poi per tale sezione l’area dei ferri longitudinali necessaria con :

$$A_S = M / (0,9 * d * \sigma_s) = 1111,98\text{KN*m} / (0,9 * 0,77\text{m} * 391,3\text{N/mm}^2) = 41,01\text{cm}^2 \rightarrow 10\text{Ø}24 = 45,24\text{cm}^2$$

Essendo da distribuire su una larghezza totale di 50cm, si poseranno in opera accoppiati a due a due, uno sovrapposto all’altro, con un interasse tra una coppia e l’altra pari a circa 11cm.

DIMENSIONAMENTO PILASTRO RCK 350

Peso aggiunto dovuto al peso proprio della trave

$$G_{\text{trave}} = (0,26\text{m} * 0,45) * 25\text{KN/m}^3 = 2,93 \text{ KN/m}$$

$$G_{\text{travetto}} = 0,45\text{m} * 3,00\text{KN/m}^2 = 1,35 \text{ KN/m}$$

$$\Delta G = G_{\text{trave}} - G_{\text{travetto}} = 1,58 \text{ KN/m}$$

$$1,58 \text{ KN/m} * 3,00\text{m} = 4,74 \text{ KN}$$

	KN/m ²	area (m ²)				KN/m ²	area (m ²)				peso solaio(KN)	peso trave(KN)	KN		
N _{copertura} =	9,55	x	3,00	x	3,30	+	3,28	x	3,00	x	3,30	=	120,62	4,74	125,36
N _{tipo} =	8,60	x	3,00	x	3,30	+	10,40	x	3,00	x	3,30	=	167,82	4,74	172,56
N _{S5} =	8,60	x	6,00	x	3,30	+	10,40	x	6,00	x	2,65	=	335,64	9,48	345,12
N _{S6} =	11,20	x	6,00	x	5,95	+	-	x	-	x	-	=	399,84	9,48	409,32

Tabella 14

Le dimensioni e il passo delle staffe vengono dimensionati secondo le seguenti regole:

$$s \leq \begin{cases} 12 \varnothing_{\text{long min}} \\ 25 \text{ cm} \end{cases} \quad \varnothing_{\text{staffe}} \geq \begin{cases} 12 \varnothing_{\text{long max}} / 4 \\ 6 \text{ mm} \end{cases}$$

Ottenendo:

pilastro	dim. (cm)	∅ long	s (≤) (cm)		∅ staffe (≥) (mm)	
P1	25x25	4 ∅ 12	14,4	25	3	6
P2	25x25	4 ∅ 12	14,4	25	3	6
P3	25x25	4 ∅ 12	14,4	25	3	6
P4	25x25	4 ∅ 12	14,4	25	3	6
P5	35x35	4 ∅ 14	16,8	25	3,5	6
P6	35x45	6 ∅ 14	16,8	25	3,5	6

Tabella 15

Sulla base dei risultati ottenuti si è deciso di usare staffe ∅ 8 (∅ commerciale) poste ad una passo di 15 cm che si riduce a 10 cm per un'altezza di 50 cm al di sopra e al di sotto dell'impalcato.

PILASTRO	RESISTENZA CARATTERISTICA CLS	CARICO DALL' IMPALCATO	LATO PILASTRO	LATO PILASTRO	INTERPIANO	PESO PROPRIO DEL PILASTRO SOTTOSTANTE	AZIONE ASSIALE AL PIEDE DEL PILASTRO	SEZIONE EFFETTIVA DI CALCESTRUZZO	AZIONE ASSIALE ADIMENSIONALE	SNELLEZZA LIMITE	>	SNELLEZZA	ARMATURA LONGITUDINALE				>	SEZIONE TEORICA DELL'ARMATURA LONGITUDINALE	RESISTENZA DELLA SEZIONE DI CEMENTO	RESISTENZA DELLA SEZIONE DI FERRO	RESISTENZA SEZIONE IDEALE	TENSIONE DEL CALCESTRUZZO						
													A _s (cm ²)										A _{s,min} (cm ²)		N _{Rd,c}	N _{Rd,s}	N _{Rd}	F _s
													n°	∅	=	%							[kN]	[kN]	[kN]			
Cop	28	125,36	0,25	0,25	3,30	5,16	130,52	625,00	0,13	72,24	>	45,73	4	12	4,52	0,72	>	2,50	0,33	789	177	966	7,40					
3	28	172,56	0,25	0,25	3,30	5,16	308,23	625,00	0,31	47,01	>	45,73	4	12	4,52	0,72	>	2,50	0,79	789	177	966	3,13					
2	28	172,56	0,25	0,25	3,30	5,16	485,95	625,00	0,49	37,44	>	45,73	4	12	4,52	0,72	>	2,50	1,24	789	177	966	1,99					
1	28	172,56	0,25	0,25	3,30	5,16	663,67	625,00	0,67	32,04	>	45,73	4	12	4,52	0,72	>	2,50	1,70	789	177	966	1,46					
T	28	1008,79	0,35	0,35	5,00	15,31	1687,76	1225,00	0,87	28,12	>	49,49	4	14	6,16	0,50	>	4,90	4,31	1550	241	1791	1,06					
-1	28	409,32	0,35	0,45	3,30	12,99	2110,08	1575,00	0,84	28,52	>	32,66	6	14	9,24	0,59	>	6,30	5,39	1992	362	2353	1,12					

Tabella 16

DIMENSIONAMENTO TRAVE DI FONDAZIONE

Sulla base della tipologia strutturale e delle caratteristiche del terreno si è deciso di adottare come fondazione un sistema a trave rovescia. Il tutto è stato calcolato prendendo in considerazione la linea di pilastri n°2

L'altezza della stessa, al fine di considerarla infinitamente rigida, è stata calcolata empiricamente sulla base della seguente formula:

$$H = L/4 \div L/5$$

Quindi, avendo $L = 6,00$ m:

$$H = 6,00\text{m}/4 \div 6,00\text{m}/5 = 1,50\text{m} \div 1,20\text{m}$$

La base è stata calcolata secondo la seguente formula:

$$B = p_{Ed} \cdot 1,1 / \sigma_{Rd,terr}$$

Avendo p_{Ed} pari a 405KN/m , ricavato dalla somma dei carichi di tutti i pilastri diviso la lunghezza della trave di fondazione, si ottiene:

$$B = 405\text{KN/m} \cdot 1,1 / 300\text{KN/m} = 1,485\text{m} \rightarrow 1,65\text{m}$$

Si è deciso di adottare una trave rovescia con $H = 1,35\text{m}$ e $B = 1,65\text{m}$

In prossimità del setto di controvento, posto come perimetro del corpo scala si adotterà una fondazione a platea.

$$P_{Ed} = (1440,10\text{KN} + 2471,25\text{KN} + 2458,62\text{KN} \cdot 2 + 2562,06\text{KN} \cdot 2 + 2208,32\text{KN} \cdot 2 + 1784,55\text{KN}) + 1,3 \cdot 25\text{KN/m}^3 \cdot 50,00\text{m} \cdot (0,95\text{m} \cdot 0,75\text{m} + 1,65\text{m} \cdot 0,40\text{m}) = 22385\text{KN}$$

$$\sigma_{Ed,terr} = 22385\text{KN} / (1,65\text{m} \cdot 50,00\text{m}) = 272\text{KN/m}^2 \leq \sigma_{Rd,terr}$$

Il carico distribuito sulla trave è pari a:

$$p_{Ed} = 1,65\text{m} \cdot 272\text{KN/m}^2 - 1,3 \cdot 25\text{KN/m}^3 \cdot (0,95\text{m} \cdot 0,75\text{m} + 1,65\text{m} \cdot 0,40) = 405\text{KN/m}$$

A questo punto, il calcolo della trave viene eseguito come per una trave in elevazione, ricordando che, nel caso di travi rovesce, il momento flettente in campata tende le fibre superiori, il momento flettente in appoggio tende le fibre inferiori.

Si procede con un dimensionamento di massima, ottenendo:

$$\begin{aligned} \text{Taglio: } V_{Ed,max} &\approx (1,1 \cdot 405\text{KN/m} \cdot 6,00\text{m}) / 2 = 1340\text{KN} \\ V_{Rcd} &= 15900 / 4 \cdot 0,75\text{m} \cdot 0,9 \cdot 1,29\text{m} = 3462\text{KN} > V_{Ed,max} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momento trasv.: } M_{Ed} &\approx (405\text{KN/m} / 1,65\text{m}) \cdot 0,45^2\text{m} / 2 = 24,85\text{KN}\cdot\text{m/m} \\ A_s &= 24,85\text{KN/m} \cdot 10^6 / (0,9 \cdot 350\text{mm} \cdot 391,3) = 2,02\text{cm}^2 \rightarrow \underline{1\text{Ø}10/30\text{cm}} \end{aligned}$$

Si determina poi per ogni sezione l'area dei ferri longitudinali necessaria con :

$$A_s = M / (0,9 * d * \sigma_s)$$

	l (m)	M _{max} (KN*m)		A _{S SLU} (cm ²)		φ8	φ10	φ12	φ14	φ16	φ18	φ20	φ22	φ24	A _s (cm ²)
A	1,00	202,50	A	4,46	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
b	3,50	-1034,50	b	-22,77	A _{S sup}							5+3			25,13
					A _{S inf}							5			15,71
C	7,00	1486,50	C	32,72	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+6			34,54
d	10,10	-512,50	d	-11,28	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
E	13,00	1142,00	E	25,14	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+4			28,27
f	16,00	-633,50	f	-13,94	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
G	19,00	1236,00	G	27,21	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+4			28,27
h	22,00	-602,50	h	-13,26	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
I	25,00	1204,50	I	26,51	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+4			28,27
I	28,00	-602,50	I	-13,26	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
M	31,00	1236,00	M	27,21	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+4			28,27
n	34,00	-633,50	n	-13,94	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
O	37,00	1142,00	O	25,14	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+4			28,27
p	39,90	-512,50	p	-11,28	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71
Q	43,00	1486,50	Q	32,72	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5+6			34,54
r	46,50	-1034,50	r	-22,77	A _{S sup}							5+3			25,13
					A _{S inf}							5			15,71
S	49,00	202,50	S	4,46	A _{S sup}							5			15,71
					A _{S inf}							5			15,71

Tabella 17

STAFFE TRAVE DI FONDAZIONE

Si adottano staffe Ø12/15cm a 4 bracci

Verifica dell'armatura a taglio: $V_{Rsd} = 391,3 * 4 * (113\text{mm}^2 / 150\text{mm}) * 0,9 * 1290 = 1728\text{KN} > V_{Ed,max}$

Adottando staffe Ø12/30cm a 4 bracci otteniamo:

$V_{Rsd} = 391,3 * 4 * (113\text{mm}^2 / 300\text{mm}) * 0,9 * 1290 = 685\text{KN}$

campata	T (KN)		G	Q	P _{ed} (KN/m)	Ø12/30cm a 4 bracci			4 bracci	
	T _{sx}	T _{dx}				V _{Rsd,min}	dist. da Sx	dist. da Dx	staffe Sx	staffe Dx
A-C	1001,00	1429,00	40,72	23,8	405	685	-0,78	-1,84	Ø12/15	Ø12/15
C-E	1272,00	1158,00	37,52	21,8	405	685	-1,45	-1,17	Ø12/15	Ø12/15
E-G	1199,00	1231,00	33,66	13,2	405	685	-1,27	-1,35	Ø12/15	Ø12/15
G-I	1220,00	1210,00	33,66	13,2	405	685	-1,32	-1,30	Ø12/15	Ø12/15
I-M	1210,00	1220,00	40,06	17,2	405	685	-1,30	-1,32	Ø12/15	Ø12/15
M-O	1231,00	1199,00	33,66	13,2	405	685	-1,35	-1,27	Ø12/15	Ø12/15
O-Q	1158,00	1272,00	33,66	13,2	405	685	-1,17	-1,45	Ø12/15	Ø12/15
QS	1429,00	1001,00	40,06	17,2	405	685	-1,84	-0,78	Ø12/15	Ø12/15

Tabella 18

Successivamente sono state condotte le verifiche della trave di fondazione in campata e in appoggio ottenendo:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez., Rett., Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : TRAVE DI FONDAZIONE-campata

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	95
2	165	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	25,13	6
2	15,71	129

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

Materiali
FeB44k **C25/30**

ϵ_{su} % ϵ_{c2} %
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} %
 E_s N/mm² f_{cd} %
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} % $\sigma_{c,adm}$ %
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} %
 τ_{c1} %

Tipo rottura
Lato acciaio - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c %
 ϵ_s %
d cm
x x/d
 δ

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd
 cm
 Precompresso

Figura 20

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez., Rett., Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo : TRAVE DI FONDAZIONE-appoggio

N° figure elementari Zoom N° strati barre Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	95
2	165	40

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15,71	6
2	34,56	129

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
M_{xEd} kNm
M_{yEd} kNm

Materiali
FeB44k **C25/30**

ϵ_{su} % ϵ_{c2} %
 f_{yd} N/mm² ϵ_{cu} %
 E_s N/mm² f_{cd} %
 E_s/E_c f_{cc}/f_{cd} ?
 ϵ_{syd} % $\sigma_{c,adm}$ %
 $\sigma_{s,adm}$ N/mm² τ_{co} %
 τ_{c1} %

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} kN m

σ_c N/mm²
 σ_s N/mm²
 ϵ_c %
 ϵ_s %
d cm
x x/d
 δ

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett.
Calcola MRd
 cm
 Precompresso

Figura 21

AZIONE SISMICA

Nel progetto in esame, trattandosi di un fabbricato ad uso residenziale, con classe d'uso II, si ottengono i seguenti dati di riferimento:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

$$C_U = 1,0$$

$$V_R = 1,0 \times 50 = 50 \text{ anni}$$

Nel progetto in esame, per semplicità, prenderemo in considerazione solo gli stati limite di esercizio, con particolare riferimento allo Stato Limite di Danno.

Sulla base della città in cui l'edificio è collocato, la latitudine, la longitudine, la vita nominale V_N , la classe d'uso e considerando lo stato limite di danno SLD, otteniamo:

un periodo di ritorno $TR = 50s$

e come parametri di pericolosità sismica:

$$a_g = 0,239m/s^2$$

$$F_o = 2,55$$

$$T^*c = 0,19s$$

Dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima al sito;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T^*c : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nel nostro caso, ipotizzando per il sottosuolo una Categoria C e per la natura topografica del sito una Categoria T1, si ottiene:

$$S_S = 1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_o \times (a_g / g) \leq 1,50 = 1,70 - 0,60 \times 2,55 \times (0,239 / 9,81) = 1,60 > 1,5$$

$$C_C = 1,05 \times T^{*-0,33} = 1,05 \times 0,19^{-0,33} = 1,82$$

$$S_T = 1,0$$

Si procede al calcolo dei seguenti valori:

- coefficiente S che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente:

$$S = S_S \times S_T = 1,50 \times 1 = 1,50$$

essendo S_S il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica

- il periodo T_c corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_c = C_C \times T^*c = 1,82 \times 0,19 = 0,3458s$$

essendo C_C un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo

- il periodo T_B corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante:

$$T_B = T_c / 3 = 0,3458 / 3 = 0,1153s$$

- il periodo T_D corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro espresso in secondi mediante la relazione:

$$T_D = 4,0 \times (a_g / g) + 1,6 = 4,0 \times (0,239 / 9,81) + 1,6 = 1,69s$$

Lo spettro S_e viene calcolato in modo differente per i seguenti intervalli di tempo:

$$0 < T < T_B \quad S_e(T) = a_g \times \mu \times S \times (T / T_B + 1 / (F_o \times \mu)) \times (1 - T / T_B)$$

$$T_B < T < T_c \quad S_e(T) = a_g \times \mu \times S \times F_o$$

$$T_c < T < T_D \quad S_e(T) = a_g \times \mu \times S \times F_o \times (T_c / T)$$

$$T_D < T \quad S_e(T) = a_g \times \mu \times S \times F_o \times (T_c \times T_D / T^2)$$

Sulla base del tempo T e dello spettro di risposta Se si ottiene il seguente grafico:

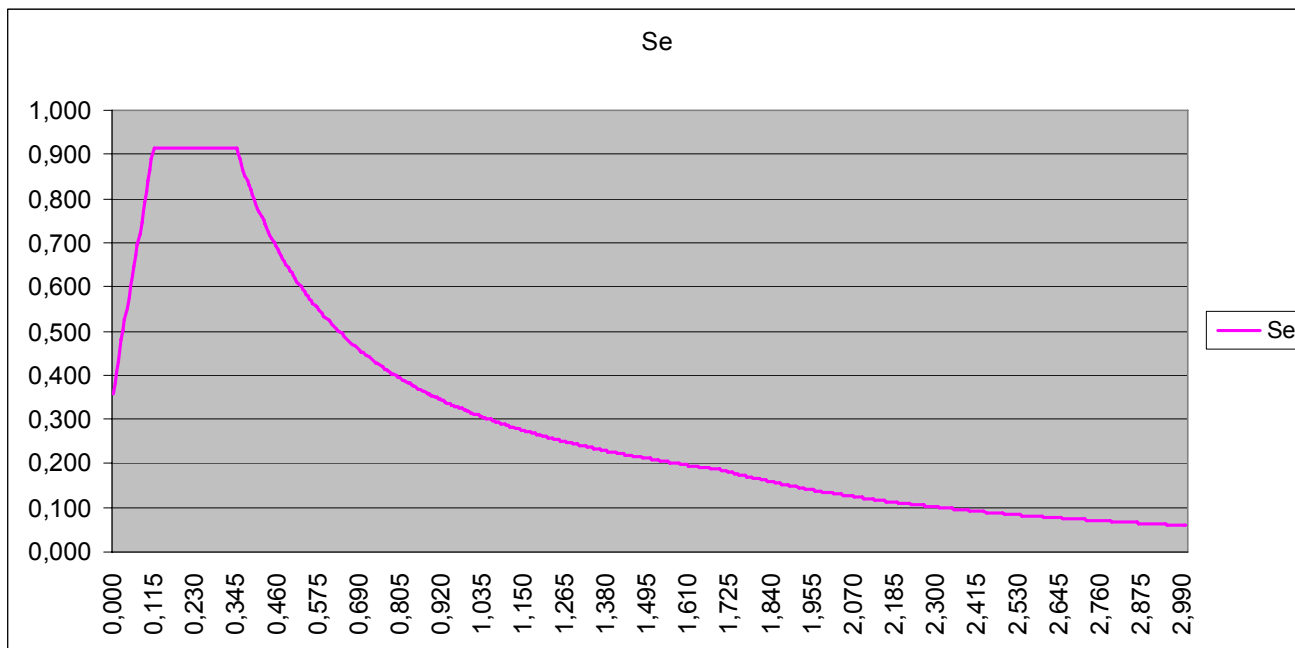


Grafico 1

Nel nostro caso, H= 24,90 m, C1=0.05 (controvento costituito da muri in c.a.), per cui:

$$T_1 = 0.05 \times 24,90^{(3/4)} = 0.557 \text{ s}$$

$$Se(T_1) = 0.566$$

Si ottiene quindi la seguente tabella:

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE													
	alt [m]	z _i [m]	q _G [kPa]	q _Q [kPa]	ψ ₂	q _E [kPa]	A [m ²]	S _e /g	W _i [kN]	z _i * W _i	F _h (kN)	F _i [kN]	M ₀ [kNm]
LIV.COP.	18,2	21,60	5,50	4,00	0,30	6,70	957,00	0,058	6412	159656	3018	662	16485
LIV. IV	14,9	18,30	7,00	2,00	0,30	7,60	957,00	0,058	7273	157101	3018	651	14442
LIV. III	11,6	15,00	7,00	2,00	0,30	7,60	957,00	0,058	7273	133100	3018	552	10350
LIV. II	8,3	11,70	7,00	2,00	0,30	7,60	957,00	0,058	7273	109098	3018	452	6986
LIV. I	5	6,70	7,00	2,00	0,30	7,60	957,00	0,058	7273	85096	3018	353	4229
LIV. T	0	3,4	7,95	4,00	0,30	9,15	957,00	0,058	8757	29772	3018	123	1096
LIV. -1	-3,3	0,00	0,00	0,00	0,30	0,00	957,00	0,058	0	0	3018	0	0
TOTALE AL PIEDE									52300	727684	24140	3018	53488

Tabella 19

AZIONE DEL VENTO

L'entità dell'azione dipende da collocazione geografica, altitudine e distanza rispetto al livello del mare, esposizione del sito, conformazione della costruzione.

$p = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$ dove q_b è la pressione cinetica di riferimento, c_e è il coefficiente di esposizione, c_p è il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), c_d è il coefficiente dinamico (solitamente considerato pari a 1)

$p_f = q_b \times c_e \times c_f$ dove c_f è il coefficiente d'attrito, pari a 0.01 per superficie lisce (acciaio), a 0.02 per superficie scabre (cemento), a 0.04 per superficie molto scabre (ondulate o costolate)

- Come primo passo si va a determinare il valore della pressione cinetica di riferimento q_b attraverso la seguente formula:

$$q_b = 0.5 \times 1.25 \times v_b^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

dove v_b è un valore tabellare espresso in m/s e che viene determinato sulla base della regione geografica il cui l'edificio si trova e la quota sul livello del mare, e per noi risulta essere pari a 25 m/s;
 - il coefficiente di topografia c_e , dipendente dalla classe di rugosità del terreno, e la quota sul livello del mare, è posto di regola pari a 1 sia per le zone pianeggianti sia per quelle ondulate, collinose e montane;

- il coefficiente di forma c_p viene determinato sulla base della conformazione dell'edificio e sulla base dell'azione che il vento ha su di esso (elementi sopravento, elementi sottovento).

L'edificio in oggetto presenta le seguenti caratteristiche:

ZONA1, quota s.l.m. < 1000m $\Rightarrow v_b = 25\text{m/s} \Rightarrow q_b = 0.5 \times 1.25 \times 25^2 = 390\text{N/m}^2 = 0,39 \text{ KPa}$

Classe di rugosità del terreno B \Rightarrow Categoria IV $\Rightarrow k_r = 0.22$, $z_0 = 0.30 \text{ m}$, $z_{\min} = 8 \text{ m}$

Coefficiente di forma: parete sopravento 0,8, parete sottovento 0,4

Attraverso i dati sopra riportati si calcolano le azioni del vento, ottenendo la seguente tabella:

CALCOLO DELLE AZIONI DEL VENTO									
	alt. (m)	z_i (m)	q_b (kPa)	$c_e(z)$	c_p	ΔH (m)	b (m)	F_i (kN)	M_0 (kNm)
LIV. COP.	18,2	24,90	0,39	2,206654	1,2	1,65	54	92	2291
LIV. 4	14,9	21,60	0,39	2,061306	1,2	3,3	54	172	3713
LIV. 3	11,6	18,30	0,39	1,884876	1,2	3,3	54	157	2877
LIV. 2	8,3	15,00	0,39	1,658451	1,2	3,3	54	138	2075
LIV. 1	5	11,70	0,39	1,634212	1,2	4,15	54	171	2005
LIV. T	0	6,70	0,39	1,634212	1,2	2,5	54	103	692
LIV. -1	-3,3	3,4	0,39	1,634212	0	0	54	0	0
TOTALI AL PIEDE								834	13653

Tabella 20

AZIONI SUL MURO DI CONTROVENTO M1, M3, M5 e M7 RCK350

Per semplicità, limitiamo le verifiche alla Combinazione Rara degli Stati Limite di Esercizio, per cui:

- Calcestruzzo C28/35 $\Rightarrow \sigma_c = 0.60 \times f_{ck} = 16.8 \text{ MPa}$
- Acciaio B450C $\Rightarrow \sigma_s = 0.8 \times f_{yk} = 360 \text{ MPa}$

I muri di controvento sono disposti all'interno della struttura come rappresentati nel seguente disegno:

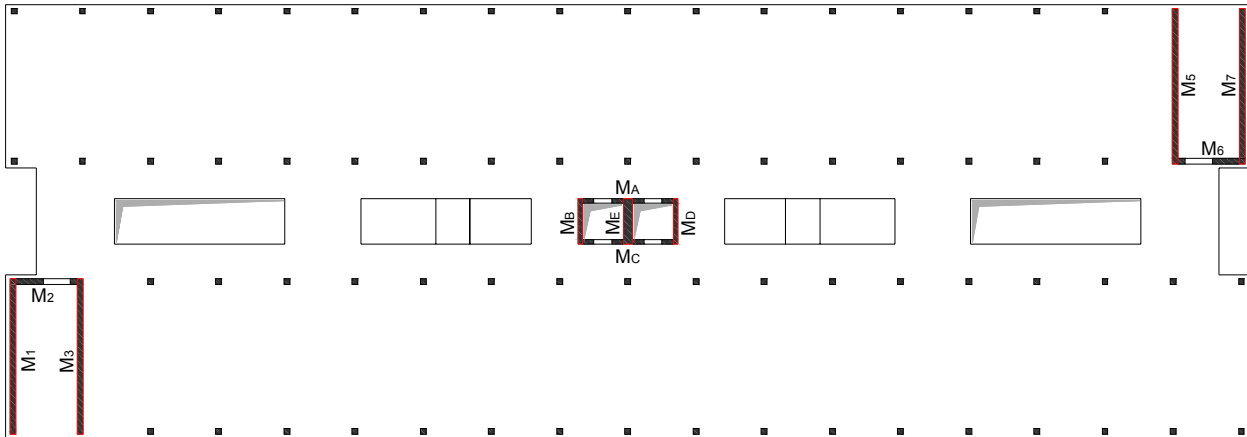


Figura 22

E risultano avere le seguenti dimensioni, e i relativi momenti di inerzia:

$M_1 = 0,25\text{m} \times 6,85\text{m}$	$J_2 = (0,25\text{m} \times 6,85^3\text{m}) / 12 = 6,696231771 \text{ m}^4$
$M_3 = 0,25\text{m} \times 6,85\text{m}$	$J_2 = (0,25\text{m} \times 6,85^3\text{m}) / 12 = 6,696231771 \text{ m}^4$
$M_B = 0,20\text{m} \times 2,00\text{m}$	$J_B = (0,20\text{m} \times 2,00^3\text{m}) / 12 = 0,133333333 \text{ m}^4$
$M_E = 0,40\text{m} \times 2,00\text{m}$	$J_E = (0,40\text{m} \times 2,00^3\text{m}) / 12 = 0,266666666 \text{ m}^4$
$M_D = 0,20\text{m} \times 2,00\text{m}$	$J_D = (0,20\text{m} \times 2,00^3\text{m}) / 12 = 0,133333333 \text{ m}^4$
$M_5 = 0,25\text{m} \times 6,85\text{m}$	$J_4 = (0,25\text{m} \times 6,85^3\text{m}) / 12 = 6,696231771 \text{ m}^4$
$M_7 = 0,25\text{m} \times 6,85\text{m}$	$J_4 = (0,25\text{m} \times 6,85^3\text{m}) / 12 = 6,696231771 \text{ m}^4$
	$J_{TOT} = 27,31826042 \text{ m}^4$

Riepilogando le azioni del vento e quelle sismiche risultano essere pari a:

Vento:

$$M = 13653\text{KNm} \quad V = 834\text{KN}$$

Sisma:

$$M = 53488\text{KNm} \quad V = 3018\text{KN}$$

Le forze orizzontali V e i momenti M dovuti all'azione del vento e all'azione sismica vengono assorbite dai muri di controvento in maniera proporzionale al momento d'inerzia di ciascuno.

Le azioni orizzontali e i momenti sono quindi distribuiti sui controventi secondo le seguenti percentuali:

$M_1 = J_2 / J_{TOT} = 6,696231771 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 24,512\%$
$M_3 = J_2 / J_{TOT} = 6,696231771 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 24,512\%$
$M_B = J_B / J_{TOT} = 0,133333333 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 0,488\%$
$M_E = J_E / J_{TOT} = 0,266666666 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 0,976\%$
$M_D = J_D / J_{TOT} = 0,133333333 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 0,488\%$
$M_5 = J_4 / J_{TOT} = 6,696231771 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 24,512\%$
$M_7 = J_4 / J_{TOT} = 6,696231771 \text{ m}^4 / 27,31826062 \text{ m}^4 = 24,512\%$

Si è deciso di assumere in analisi il controvento M_3 , che risulta essere uguale ai muri M_1 , M_5 e M_7 .
Si comincia valutando in maniera approssimata il “tasso di lavoro” del calcestruzzo del muro.

$$N_G = (5,50\text{KN/m}^2 \times 3,00\text{m} / 2 \times 6,85\text{m} \times 1\text{piani}) + (7,00\text{KN/m}^2 \times 3,00\text{m} / 2 \times 6,85\text{m} \times 4\text{piani}) + \\ (7,20\text{KN/m}^2 \times 3,00\text{m} / 2 \times 6,85\text{m} \times 1\text{piani}) + (7,95\text{KN/m}^2 \times 3,00\text{m} / 2 \times 6,85\text{m} \times 1\text{piani}) + \\ (25\text{KN/m}^3 \times 0,25 \times 6,85\text{m} \times 24,90\text{m}) + (25\text{KN/m}^3 \times 0,25 \times 6,85\text{m} \times 1,20\text{m} \times 7\text{piani}) = 1930\text{KN}$$
$$N_Q = (4,00\text{KN/m}^2 \times 3/2 \times 6,85\text{m} \times 3\text{piani}) + (2,00\text{KN/m}^2 \times 3/2 \times 6,85\text{m} \times 4\text{piani}) + (4,00\text{KN/m}^3 \times 6,85\text{m} \\ \times 1,20\text{m} \times 7\text{piani}) = 435\text{KN}$$
$$\sigma_c \cong 1775 \text{ KN} \times 10^3 / (6850 \times 250) = 1,04\text{MPa}$$

Sulla base delle percentuali sopra ottenute si ottengono le forze dell'azione sismica e del vento a cui il setto è soggetto. Nel caso dell'azione del vento, occorre poi individuare le combinazioni di carico che massimizzano le sollecitazioni nel calcestruzzo e nell'acciaio. Nel caso del sisma, si procede invece con l'unica combinazione già definita:

Vento:

$$1) N = 2375\text{KN} \quad M = 13653\text{KNm} \times 0,24512 = 3350\text{KNm} \quad V = 834\text{KN} \times 0,24512 = 205\text{KN}$$
$$2) N = 1930\text{KN} \quad M = 13653\text{KNm} \times 0,24512 = 3350\text{KNm} \quad V = 834\text{KN} \times 0,24512 = 205\text{KN}$$

Sisma:

$$N = 1930 + 0,3 \times 435 = 2060\text{KN} \quad M = 53488\text{KNm} \times 0,24512 = 13110\text{KNm} \quad V = 3018\text{KN} \times 0,24512 = 740\text{KN}$$

Si ipotizza il muro armato con due “pilastri” alle estremità, “contenenti” ciascuno $8\text{Ø}24$, armatura verticale corrente costituita da $1+1 \text{Ø}10/25$ ed armatura orizzontale corrente costituita da $1+1 \text{Ø}8/20$.
Verifica a taglio (SLU)

$$\text{Vento: } V_{Ed} = 205\text{KN} \times 1,5 = 310\text{KN}$$

$$\text{Sisma: } V_{Ed} = 740\text{KN}$$

$$V_{Rcd} = 15900 / 4 \times 0,25\text{m} \times 0,9 \times 6,79\text{m} = 6073\text{KN} > V_{Ed}$$

Uso “staffe” $\text{Ø}8/20\text{cm}$ a 2 bracci:

$$V_{Rsd} = (391,3 * 2 * (50\text{mm}^2/200\text{mm}) * 0,9 * 6790\text{mm}) / 1000 = 1195\text{KN} > V_{Ed}$$

Successivamente sono state condotte le verifiche della sezione del muro sottoposta all'azione del sisma e alle due condizioni dell'azione del vento:

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo : Muro in C.A. sp. 25cm_vento - condizione1

N° strati barre 8 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	685

N°	As [cm²]	d [cm]
1	9,05	4
2	9,05	19
3	9,05	34
4	9,05	49
5	9,05	636
6	9,05	651
7	9,05	666
8	9,05	681

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 2375 kN
M_{xEd} 0 3350 kNm
M_{yEd} 0

Materiali

B450C C28/35

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15,87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{cl} 1,971

σ_c -2,788 N/mm²
 σ_s 2,6 N/mm²

ϵ_s 0,013 ‰
d 681 cm
x 641,1 x/d 0,9415
 δ 1

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 2

Precompresso

Figura 23

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo : Muro in C.A. sp. 25cm_vento - condizione2

N° strati barre 8 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	25	685

N°	As [cm²]	d [cm]
1	9,05	4
2	9,05	19
3	9,05	34
4	9,05	49
5	9,05	636
6	9,05	651
7	9,05	666
8	9,05	681

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 1930 kN
M_{xEd} 0 3350 kNm
M_{yEd} 0

Materiali

B450C C28/35

ϵ_{su} 67,5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391,3 N/mm² ϵ_{cu} 3,5 ‰
 E_s 200.000 N/mm² f_{cd} 15,87
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0,8
 ϵ_{syd} 1,957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 11
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0,6667
 τ_{cl} 1,971

σ_c -2,605 N/mm²
 σ_s 8,532 N/mm²

ϵ_s 0,04266 ‰
d 681 cm
x 559 x/d 0,8208
 δ 1

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Verifica

N° iterazioni: 3

Precompresso

Figura 24

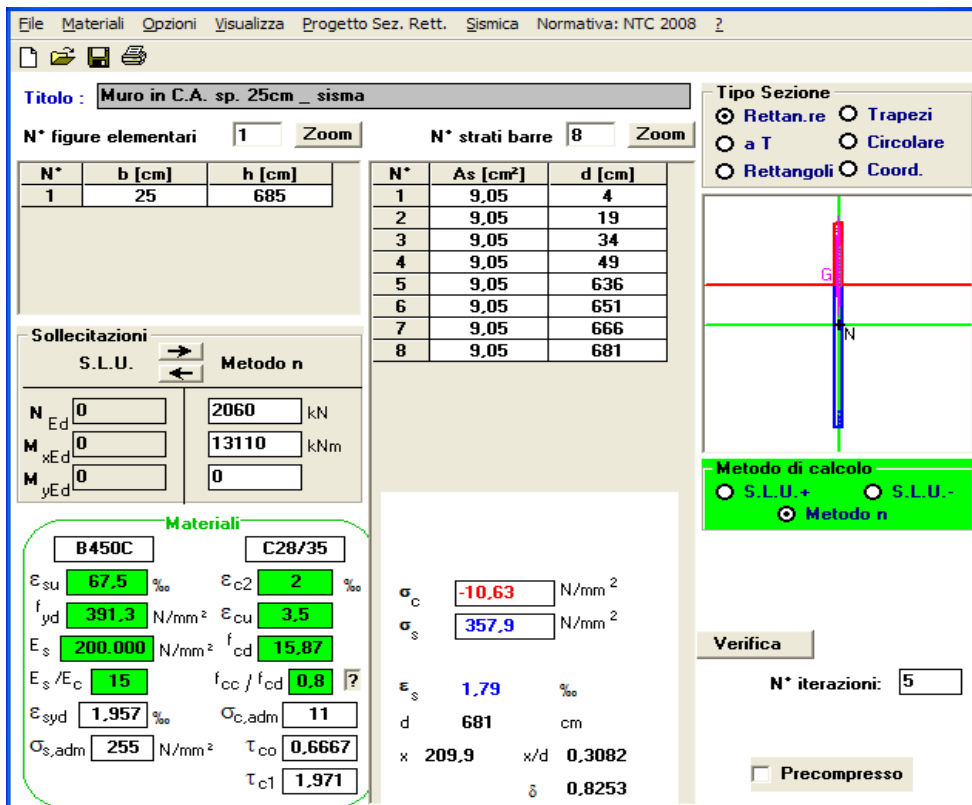


Figura 25

Dai dati ottenuti si evince che il muro di controvento assorbe in maniera ottima l'intera azione del vento, mentre nel caso dell'azione sismica risulta essere presso-inflesso, con valori di trazione molto prossimi ai valori limite.

PROGETTO IMPIANTISTICO

CERTIFICAZIONE ENERGETICA

INTRODUZIONE

Gli edifici possono essere considerati degli “involucri” all’interno dei quali quotidianamente l’uomo svolge le sue attività, ed è a tal proposito che risulta necessario ricreare ambienti con condizioni climatiche favorevoli per la salute e per il benessere dell’utente.

A tal fine risulta essere molto rilevante il sistema involucro-impianto, che da una parte deve poter asseverare ad una sempre maggior richiesta di benessere, ma dall’altra limitare quelli che sono i costi dovuti dalla manutenzione ma principalmente dai consumi energetici.

Per i motivi sopra esposti è necessario quindi andare a creare una classificazione degli edifici, in modo da poterli catalogare in classi, rispetto al loro fabbisogno energetico.

La certificazione energetica, che risponde a questa richiesta, è un documento obbligatorio da allegare all’atto notarile in caso di compravendita dell’immobile. Dal 1 luglio 2010 la certificazione energetica è obbligatoria anche in caso di affitto dell’appartamento o del locale oggetto di certificazione.

La certificazione energetica degli edifici è una procedura che attesta la prestazione o il rendimento energetico di un edificio al fine di consapevolizzare gli utenti a un minor consumo così da evitare sprechi compiendo scelte più consapevoli. La certificazione energetica è anche da intendersi uno strumento per una maggiore trasparenza del mercato immobiliare così che il futuro acquirente, ricevendo la certificazione energetica dal venditore, possa sapere con precisione l’effettivo valore di consumo dell’immobile che è in procinto di acquistare.

La certificazione energetica altro non è che una procedura che, attraverso una metodologia standardizzata (definita a livello regionale oppure a livello nazionale), classifica un edificio all’interno di una scala graduata sulla base delle sue caratteristiche energetiche. La certificazione energetica, il cui obbligo deriva da una direttiva di carattere comunitario, è recentemente diventata una procedura di carattere nazionale recepita attraverso il D.M.26 giugno 2009 con le “Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici” in cui, tra le altre cose, si specificano le metodologie di calcolo per la definizione dell’indicatore di prestazione energetica e si fornisce un criterio di classificazione.

Le classi energetiche vanno dalla A+ (edificio a bassissimo impatto ambientale la cui realizzazione comporta ingenti sacrifici tecnologici ed economici e che attualmente è rappresentata da una ristrettissima cerchia di edifici che sono quasi tutti di carattere sperimentale) alla classe G (edificio ad alto consumo energetico che oggi rappresenta la stragrande maggioranza del parco edifici presente sul territorio nazionale e regionale).

A tal fine risultano essere estremamente importanti e determinanti le scelte costruttive e tecnologiche che vengono assunte in fase di progettazione, nelle quali devono essere tenuti conto anche fattori esterni propri del luogo, come le caratteristiche climatiche, l’esposizione del sole, l’orientamento dell’edificio e l’influenza di strutture adiacenti.

Risultano avere non poca rilevanza anche le metodologie di realizzazione, l’accuratezza della posa e finitura dei materiali, così come l’installazione delle varie tecnologie.

DATI GEOMETRICI

L'edificio considerato al fine dell'esercitazione è composto da 5 piani fuori terra e da un piano interrato avente la destinazione di parcheggio. Al piano terra si sviluppano i locali a servizio dello studentato (sala studio, palestra, amministrazione, deposito biciclette, sala computer e reception) e le zone di distribuzione comprensive di una coppia di ascensori e di due rampe di scale poste in posizione centrale, e altri due corpi scala posti nelle testate, aventi funzione antincendio, conducenti ai piani superiori. I restanti 4 piani sono destinati alla residenza studentesca, con un totale di 74 cellule abitative, delle quali 50 ad uso di un singolo studente e 24 ad uso di gruppi di 3-4 studenti, intervallate da servizi collettivi di piano, come salotti, cucine e soggiorni. La copertura risulta essere completamente praticabile. Il corridoio centrale di distribuzione è stato considerato come zona calda ma esente dalla presenza di elementi scaldanti, godendo quindi del calore proveniente dalle dispersioni delle cellule abitative che confinano con esso.

Si riportano le tipologie abitative dello studentato, la pianta tipo con la loro aggregazione, nonché il prospetto:



Figura 26

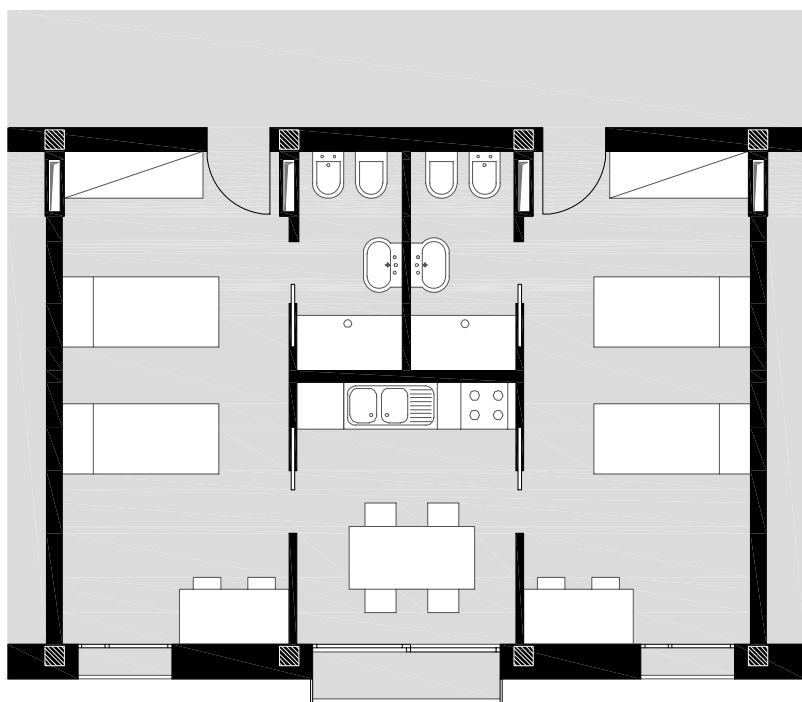


Figura 27

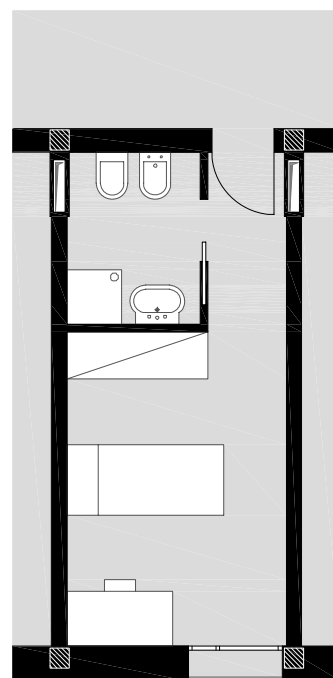


Figura 28



Figura 29

Ai fini del calcolo viene presa in considerazione la parte di edificio con destinazione residenziale e il piano terra.

Per la determinazione delle dispersioni sono state considerate le sole pareti esterne dell'involucro edilizio, quelle confinanti con volumi non riscaldati come i vani scala antincendio, nonché i solai dell'ultimo piano e de piano terra, trascurando in tal modo qualsiasi tipo di partizione interna verticale, definita altresì di irrilevante incidenza per il calcolo del fabbisogno energetico anche dal Decreto n. 5796 dell'11 giugno 2009.

Per il riscaldamento invernale e raffrescamento estivo si è scelto di installare nell'edificio un sistema a pannelli radianti a pavimento, e per tale motivo sono state interamente considerate come superfici utili scaldanti la totalità delle partizioni orizzontali, ad esclusione di quelle del corridoio di distribuzione.

Una volta definito quanto sopra spiegato si è proceduto alla misurazione di tutti i dati necessari per la compilazione del foglio di calcolo:

- H_N : altezza netta degli appartamenti.
- H_L : altezza lorda degli appartamenti, ovvero $H_N + H_{SOLAIO}$.
- A_L (area lorda in pianta): area della superficie interna in pianta al lordo dei tramezzi dei muri perimetrali dell'edificio, al netto dei vani scala.
- A (utile/calpestabile): area calpestabile della superficie interna in pianta, al netto dei tramezzi e delle murature perimetrali, esclusi i vani scala.
- A_T (totale interna): area interna di tutte le pareti - partizioni verticali perimetrali, pavimento del piano primo e soffitto dell'ultimo piano - disperdenti e non disperdenti, escluse le porte d'ingresso e le finestre.
- S (disperdente): superficie disperdente rivolta verso ambienti non riscaldati oppure verso l'ambiente esterno, sia trasparente che opaca, al lordo della muratura esterna.
- V_L (lordo riscaldato): $A_L \cdot H_L$, volume compreso all'interno della superficie esterna dell'involucro edilizio.
- V_N (netto riscaldato): $A \cdot H_N$, volume interno utile (al fine del calcolo dei ricambi aria)

Si riportano di seguito i dati raccolti:

DATI GEOMETRICI		
H_N	2,80	m
H_L	3,30	m
A_L (lorda in pianta)	5569,59	m ²
A_N (utile/calpestabile)	4946,34	m ²
A_{totale} (totale interna)	19851,57	m ²
S (disperdente)	5016,60	m ²
V_L (lordo riscaldato)	18379,65	m ³
V_N (netto riscaldato)	13849,75	m ³

Tabella 21

ESPOSIZIONE SOLARE

Di notevole importanza al fine del calcolo del fabbisogno termico è la localizzazione territoriale dell'edificio, ma soprattutto il suo orientamento nello spazio. Sono infatti da favorire scelte progettuali che mirano ad una maggiore esposizione solare nel periodo invernale, sfruttando in tal modo calore "gratuito", ed una minore esposizione nel periodo estivo, la quale provocherebbe un maggior utilizzo di energia per contrastare l'innalzamento della temperatura interna.

L'edificio in analisi, le cui dimensioni in pianta risultano essere pari a 19,10m x 54,75m, è stato orientato, per scelte urbanistiche, in direzione nord-sud favorendo oltrepù una maggiore esposizione al sole dei due fronti principali.

Durante il raccoglimento dei dati dell'edificio, si sono misurate le varie superfici disperdenti in base al loro orientamento, ulteriormente distinte tra opache e trasparenti, avendo queste ultime differenti valori di trasmittanza termica, come anche di assorbanza, riflettanza e trasmittanza rispetto al fattore solare.

Si è ottenuta in questo modo la seguente tabella:

ESPOSIZIONE SOLARE	N	S	E	O	orizzontale	nessuna
	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²	m ²
superficie totale	200,05	200,05	996,27	996,27	990,85	1148,95
superficie trasparente doppio vetro	0,00	0,00	213,12	216,00	0,00	0,00
superficie trasparente triplo vetro	124,00	104,00	74,90	116,60	255,50	0,00
superficie opaca esterna	76,05	96,05	708,25	663,67	0,00	0,00
superficie opaca <small>copertura praticabile</small>	0,00	0,00	0,00	0,00	735,35	0,00
superficie opaca <small>solaio su box</small>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	735,35
superficie opaca <small>verso scala antincendio</small>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	413,60

Tabella 22

In tabella compaiono altresì le componenti orizzontale e nessuna. Per orizzontale si comprendono tutte quelle superfici orizzontali a contatto con l'ambiente esterno (solai di copertura); per nessuna si includono le superfici disperdenti non esposte verso l'esterno, a contatto con ambienti non riscaldati (pareti confinanti con i vani scala antincendio e solaio piano interrato a copertura dei box).

CARATTERISTICHE DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

L'involucro edilizio svolge la funzione di dividere l'ambiente interno da quello esterno e al contempo di proteggerlo nei confronti delle condizioni termo-climatiche che variano durante l'anno. Per tale motivo è necessario trattare questo elemento nel miglior modo possibile garantendo pertanto il miglior stato di comfort all'interno degli ambienti, riducendo al minimo le dispersioni e di conseguenza i consumi di materie prime.

La nostra scelta è stata quella di adottare una muratura leggera in gasbeton, dalle elevate proprietà termiche, con isolamento esterno a cappotto in modo da ridurre al minimo i ponti termici in corrispondenza delle solette di piano, camera d'aria non ventilata e rivestimento in mattoni pieni a vista.

Si riporta di seguito la stratigrafia dei pacchetti murari e dei solai

PARETE PERIMETRALE

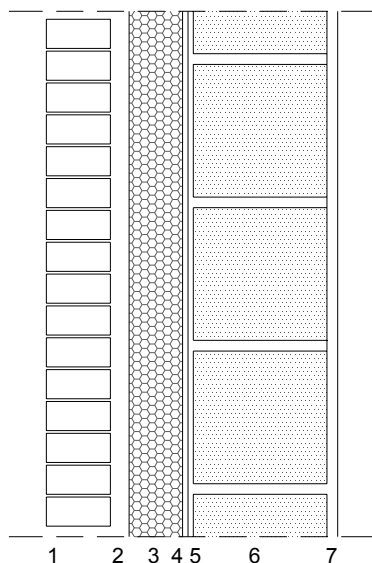


Figura 30

COMPONENTI OPACHI	s	λ	R	U	correzione	U_c
Parete	m	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	→	W/(m ² K)
Parete perimetrale				0,13		0,14
1. rivestimento in mattoni	0,10	0,60	0,200	Mattoni a vista		
2. camera d'aria	0,035	-	0,18	-		
3. strato isolante	0,10	0,024	4,167	pannelli Stiferite GT		
4. barriera vapore	0,002	0,260	0,008	-		
5. rinzafo	0,010	1,000	0,010	Collante GB		
6. gasbeton	0,250	0,096	2,604	calcestruzzo aerato autoclavato		
7. intonaco interno	0,020	0,100	0,200	intonaco di gesso		
	0,53		7,37			

F_{PT} (fattore correzione ponti termici)	5%
---	----

Tabella 23

La parete risulta avere uno spessore complessivo di 53cm garantendo un coefficiente di trasmittanza pari a 0,14W/(m²K), già inclusa la correzione mediante il fattore F_{pt}.

PARETE SU SCALA ANTINCENDIO

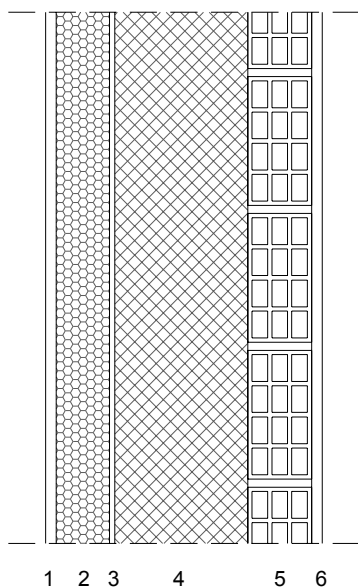


Figura 31

COMPONENTI OPACHI	s	λ	R	U	correzione	U_c
Parete	m	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	→	W/(m ² K)
Parete su scala antincendio				0,19		0,20
1. intonaco esterno	0,020	0,100	0,200	intonaco di calce		
2. strato isolante	0,100	0,024	4,167	pannelli Stiferite GT		
3. barriera vapore	0,002	0,260	0,008	-		
4. muro in C.A.	0,250	2,300	0,109	-		
5. mattone forato 12x24x24	0,120	0,273	0,440	mattone forato weinerberger		
6. intonaco interno	0,020	0,100	0,200	intonaco di gesso		
	0,472		4,976			

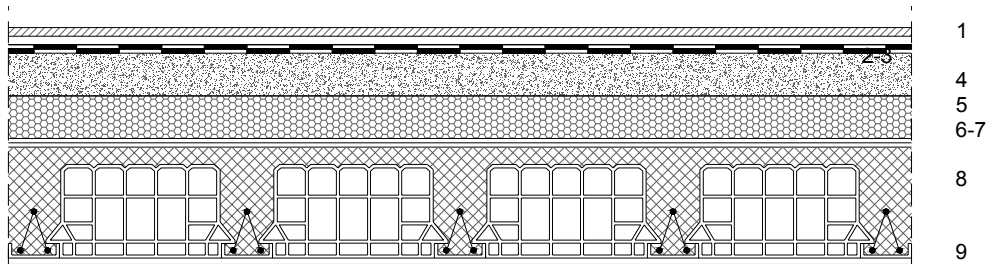
F_{PT} (fattore correzione ponti termici)	5%
---	----

Tabella 24

La parete risulta avere uno spessore complessivo di 47cm garantendo un coefficiente di trasmittanza pari a 0,20W/(m²K), già inclusa la correzione mediante il fattore F_{pt}.

SOLAIO COPERTURA PRATICABILE

Figura 32



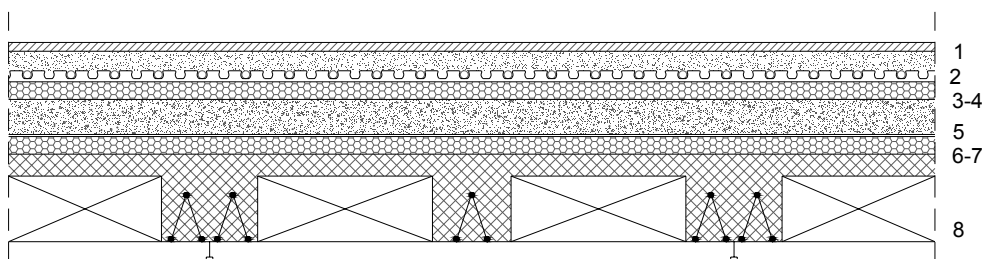
COMPONENTI OPACHI	s	λ	R	U	correzione	U_c
Solaio	m	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	→	W/(m ² K)
Solaio di copertura praticabile				0,19		0,20
1. pavimento galleggiante	0,025	1,200	0,021	gres porcellanato		
2. strato debolmente ventilato	0,06	-	0,08	-		
3. guaina impermeabilizzante	0,008	0,260	0,031	doppia guaina bituminosa		
4. massetto di pendenza	0,100	0,450	0,222	calcestruzzo alleggerito		
5. strato isolante	0,100	0,024	4,167	pannelli Stiferite GT		
6. barriera al vapore	0,002	0,260	0,008	-		
7. feltro antiticchettio	0,005	0,260	0,019	polietilene reticolato a celle chiuse		
8. solaio in laterocemento	0,260	0,670	0,388	travetti, blocchi laterizio, caldaia		
9. intonaco interno	0,020	0,100	0,200	intonaco di gesso		
	0,580		5,135			
F_{PT} (fattore correzione ponti termici)						5%

Tabella 25

Il solaio risulta avere uno spessore complessivo di 58cm garantendo un coefficiente di trasmittanza pari a 0,20W/(m²K), già inclusa la correzione mediante il fattore Fpt.

SOLAIO SU PIANO INTERRATO

Figura 33



COMPONENTI OPACHI	s	λ	R	U	correzione	U_c
Solaio	m	W/(m ² K)	(m ² K)/W	W/(m ² K)	→	W/(m ² K)
Solaio su piano interrato				0,23		0,24
1. pavimentazione	0,012	1,200	0,010	gres porcellanato		
2. pannelli radianti a pavimento	0,08	0,6	0,133	aria a condizioni ambiente		
3. strato isolante	0,040	0,024	1,667	pannelli Stiferite GT		
4. feltro antiticchettio	0,005	0,260	0,019	polietilene reticolato a celle chiuse		
5. massetto alleggerito porta-impianti	0,080	0,450	0,178	calcestruzzo alleggerito		
6. barriera al vapore	0,002	0,260	0,008	-		
7. strato isolante	0,040	0,024	1,667	pannelli Stiferite GT		
8. solaio predalles	0,250	0,580	0,431	solaio prefabbricato		
	0,509		4,112			
F_{PT} (fattore correzione ponti termici)						5%

Tabella 26

Il solaio risulta avere uno spessore complessivo di 51cm garantendo un coefficiente di trasmittanza pari a 0,24W/(m²K), già inclusa la correzione mediante il fattore Fpt.

La resistenza R dell'intercapedine d'aria della parete perimetrale e del solaio di copertura è stata ottenuta tramite la consultazione della seguente tabella:

Resistenze termiche di intercapedini d'aria non ventilate in (m ² K/W) di spessore inferiore a 30 cm			
Spessore dell'intercapedine d'aria (mm)	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
0	0,00	0,00	0,00
5	0,11	0,11	0,11
7	0,13	0,13	0,13
10	0,15	0,15	0,15
15	0,16	0,17	0,17
25	0,16	0,18	0,19
50	0,16	0,18	0,21
100	0,16	0,18	0,22
300	0,16	0,18	0,23

Tabella 27

Nel caso della parete perimetrale è stata presa in considerazione una camera d'aria di 35mm, con flusso termico orizzontale, ottenendo il relativo valore della resistenza termica pari a 0,18m²K/W. Per quanto riguarda invece il solaio di copertura praticabile è stata considerata una camera d'aria con uno spessore medio di 60mm, con flusso termico ascendente, ottenendo da tabella una resistenza termica pari a 0,16m²K/W; essendo detta camera d'aria debolmente ventilata, il valore si dimezza ottenendo una resistenza finale R di 0,08m²K/W.

Il fattore F_{pt}, coefficiente di correzione per i ponti termici, che si ritrova nel calcolo della trasmittanza di ogni partizione sopra descritta, dipende esclusivamente dalla tipologia della parete scelta, secondo il prospetto IV-UNI TS 11300 – 1:2008, di seguito allegato:

Descrizione della parete	F _{PT}
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) senza aggetti/balconi e con ponti termici corretti	0,05
Parete con isolamento dall'esterno (a cappotto) con aggetti/balconi	0,15
Parete omogenea in mattoni pieni o in pietra (senza isolante)	0,05
Parete a cassa vuota con mattoni forati (senza isolante)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico corretto)	0,10
Parete a cassa vuota con isolamento nell'intercapedine (ponte termico non corretto)	0,20
Pannello prefabbricato in calcestruzzo con pannello isolante all'interno	0,30

Tabella 28

COMPONENTI TRASPARENTI

Così come l'involucro edilizio anche le componenti trasparenti svolgono la funzione di dividere l'ambiente interno da quello esterno e al contempo di proteggerlo nei confronti delle condizioni termo-climatiche che variano durante l'anno.

Nell'edificio in oggetto, ad esclusione del piano terra e dei ballatoi di piano, si possono trovare aperture di dimensioni differenti che variano tra i 2,88m² (1,20x2,40m) e i 5,76m² (2,40x2,40m).

La scelta è stata quella di adottare infissi con telai in alluminio con taglio termico, integrati con doppi vetri selettivi basso emissivi, con Argon all'interno dell'intercapedine, al fine di ridurre in maniera considerevole il fabbisogno energetico annuo per il raffrescamento estivo.

caratteristiche vetro (0,8*A)	m ²	U _g	F _{gl}	g _L	tipologia vetro	
		W/(m ² K)				
parete NORD vetro triplo	99,20	0,70	0,85	0,31	triplo vetro selettivo basso emissivo con Argon	
parete SUD vetro triplo	83,20	0,70	0,85	0,31	triplo vetro selettivo basso emissivo con Argon	
parete EST doppio	170,50	1,10	0,85	0,31	doppio vetro selettivo basso emissivo con Argon	
parete EST triplo	59,92	0,70	0,85	0,31	triplo vetro selettivo basso emissivo con Argon	
parete OVEST doppio	172,80	1,10	0,85	0,31	doppio vetro selettivo basso emissivo con Argon	
parete OVEST triplo	93,28	0,70	0,85	0,31	triplo vetro selettivo basso emissivo con Argon	
vetro orizzontale copertura triplo	204,40	0,70	0,85	0,31	triplo vetro selettivo basso emissivo con Argon	
caratteristiche telaio (0,2*A)	m ²	U _f	1-F _f	ponte termico	P	ψ
		W/(m ² K)			m	W/(mK)
parete NORD vetro triplo	24,80	3,10	0,80	parete NORD vetro triplo	158,80	0,08
parete SUD vetro triplo	20,80	3,10	0,80	parete SUD vetro triplo	118,80	0,08
parete EST doppio	42,62	3,10	0,80	parete EST doppio	748,00	0,08
parete EST triplo	14,98	3,10	0,80	parete EST triplo	65,40	0,08
parete OVEST doppio	43,20	3,10	0,80	parete OVEST doppio	750,40	0,08
parete OVEST triplo	23,32	3,10	0,80	parete OVEST triplo	72,60	0,08
vetro orizzontale copertura triplo	51,10	3,10	0,80	vetro orizzontale copertura triplo	273,75	0,08
COMPONENTI TRASPARENTI	A	U _w				
	m ²	W/(m ² K)				
parete NORD vetro triplo	124,00	1,28				
parete SUD vetro triplo	104,00	1,27				
parete EST doppio	213,12	1,78				
parete EST triplo	74,90	1,25				
parete OVEST doppio	216,00	1,78				
parete OVEST triplo	166,60	1,23				
vetro orizzontale copertura triplo	255,50	1,27				

Tabella 29

Il ponte termico 0,08 W/(mK), che si verifica in prossimità del giunto vetro-telaio, è stato determinato secondo il prospetto IX:

Materiali del telaio	Vetrata doppia o tripla non rivestita, intercapedine con aria o gas	Vetrata doppia con bassa emissività, vetrata tripla con due rivestimenti a bassa emissività intercapedine con aria o gas
	Ψ [W/mK]	Ψ [W/mK]
Telaio in legno o telaio in PVC	0,05	0,06
Telaio in alluminio con taglio termico	0,06	0,08
Telaio in metallo senza taglio termico	0,01	0,04

Tabella 30

Nei calcoli riportati nelle tabelle sovrastanti si possono distinguere i seguenti valori:

- U_G : trasmittanza termica propria del vetro (triplo e doppio)
- F_{gl} : coefficiente di correzione per la dipendenza angolare del fattore solare
- g_{\perp} : fattore di incidenza solare
- U_f : trasmittanza termica del telaio (alluminio con taglio termico)
- F_f : coefficiente correttivo del telaio (valore pari a 0,20)

I risultati di calcolo determinavano eccellenti prestazioni di fabbisogno termico invernale, mentre scarsi rendimenti durante la stagione estiva; per tale motivo si è ricorsi all'adozione di vetri selettivi basso emissivi con Argon, che riducono in maniera sostanziale gli apporti termici, a leggero scapito del fabbisogno termico invernale, ma migliorando nettamente il fabbisogno energetico annuo per il raffrescamento, con una riduzione di circa 15kWh/m^2 .

Alla base del funzionamento di questa tipologia di vetro sta la capacità del rivestimento basso emissivo di ridurre lo scambio termico radiativo, la capacità del rivestimento selettivo di respingere la radiazione infrarossa, permettendo il passaggio della radiazione visibile e riducendo una buona fetta di apporti solari, e per la capacità dell'argon di ridurre lo scambio conduttivo-convettivo essendo esso un gas pesante.

Si riporta la sezione orizzontale del serramento preso in esame

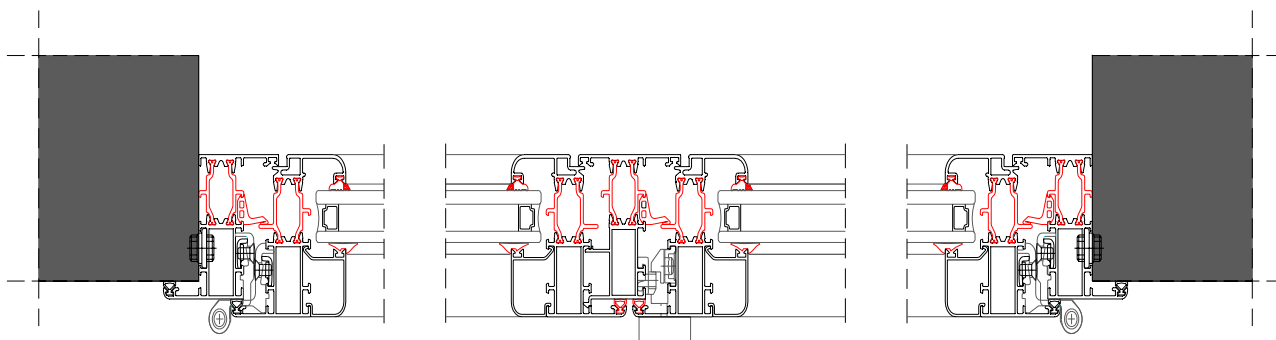


Figura 34

SCHERMATURE REGOLABILI

Le schermature solari rivestono un'enorme incidenza nell'economia di un edificio dal punto di vista energetico. Esse regolano gli apporti di luce, ostacolando la luce diretta in estate, consentendo la captazione degli apporti solari nel periodo invernale. La nostra zona climatica, per esempio, ci mette di fronte alla duplice esigenza di schermare il "caldo" estivo, e cercare di guadagnare calore d'inverno.

Nel nostro edificio sono state previste schermature esterne opache di colore scuro, per scopi estetico-architettonici, impiegate sulle finestre residenziali sui lati est e ovest, mentre sulla vetrata continua verticale della zona comune di distribuzione a sud. Non sono state poste sulla facciata nord in quanto irrilevanti al fine del calcolo.

Le schermature esterne risultano essere molto valide come strumento di controllo solare, respingendo la radiazione solare prima che raggiunga la superficie del vetro, evitando che si riscaldi l'ambiente, per non innescare un micro-effetto serra tra la superficie dello schermo e del vetro, come può accadere se la schermatura è interna.

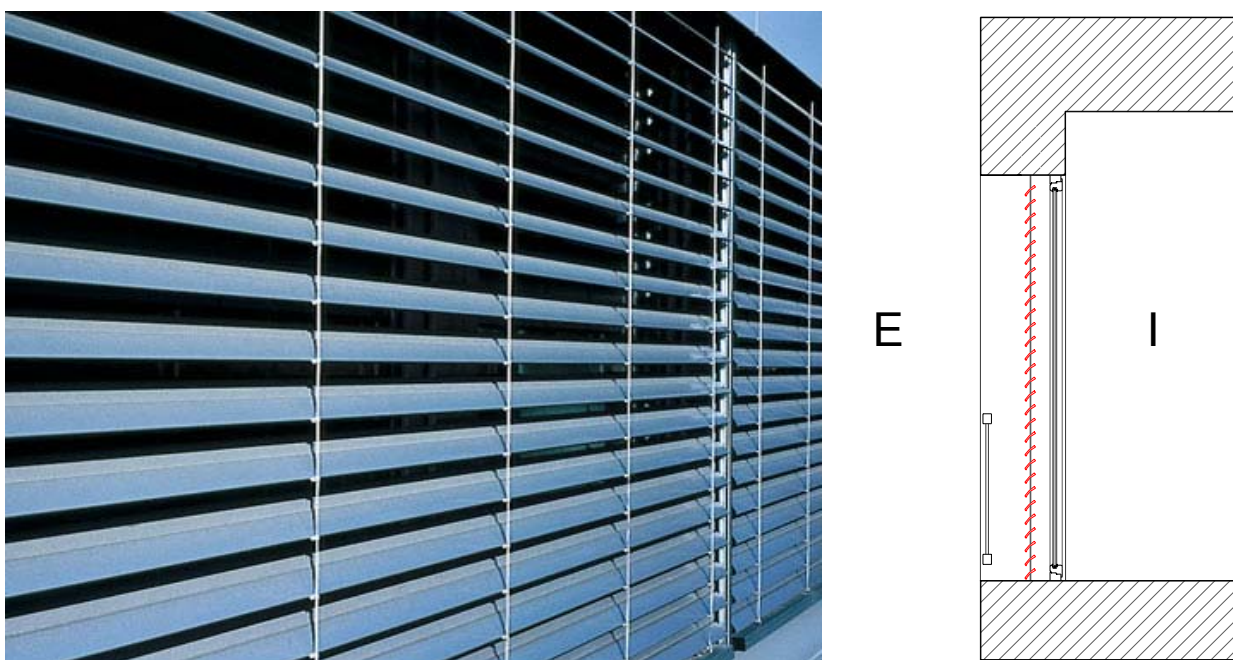


Figura 35

Si tratta di schermature solari poste all'esterno dell'elemento di involucro trasparente, con intercapedine, tra schermo e superficie, chiusa e ventilata.

La trasmittanza di energia solare totale diretta e diffusa delle finestre, in presenza di sistema schermante di tipologia sopra indicata, è stata calcolata mediante le seguenti formule:

- $g_{(sh+gl),b} = \zeta_{e,b} * g_{\perp} + \alpha_{e,b} * G/G2 + \zeta_{e,b} * (1 - g_{\perp}) * G/G1$
- $g_{(sh+gl),d} = \zeta_{e,d} * g_{\perp} + \alpha_{e,d} * G/G2 + \zeta_{e,d} * (1 - g_{\perp}) * G/G1$

dove:

- G1 è assunto dalla normativa pari a 5 W/m²K
- G2 è assunto dalla normativa pari a 10 W/m²K
- G è espressa in W/m²K e definita come:

- $G = (1/G1 + 1/U_g + 1/G2)$

dove:

- U_g è la trasmittanza termica del vetro, espressa in W/m^2K

- g_{\perp} è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento

- $\zeta_{e,b/d}$ è il fattore di trasmissione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle è ricavabile dalle seguenti equazioni:

- $\zeta_{e,b} (45^\circ) = 0,65 * \zeta_{e,b,\perp} + 0,15 * \rho_{e,b,\perp}$
- $\zeta_{e,d} (45^\circ) = 0,30 + 0,70 * \zeta_{e,b} (45^\circ)$

- $\alpha_{e,b/d}$ è la frazione di energia solare assorbita dal componente schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e diffusa (d), ottenuta secondo le equazioni seguenti (vedi prospetto XXII - UNI EN 13363 - 1:2008 alla pagina precedente):

- $\alpha_{e,b} = 1 - \zeta_{e,b,\perp} - \rho_{e,b,\perp}$
- $\alpha_{e,d} = 1 - \zeta_{e,d,\perp} - \rho_{e,d,\perp}$

dove:

- $\rho_{e,b/d}$ è il fattore di riflessione solare del dispositivo schermante, rispettivamente per la radiazione diretta (b) e diffusa (d); per i dispositivi schermanti a lamelle è ricavabile dalle seguenti equazioni:

- $\rho_{e,b} (45^\circ) = \rho_{e,b,\perp} * (0,75 + 0,70 * \tau_{e,b,\perp})$
- $\rho_{e,d} (45^\circ) = 0,70 * \rho_{e,b} (45^\circ)$

Sulla base delle scelte sopra descritte, si sono ricavati i valori evidenziati nella seguente tabella, ottenendo i risultati riportati:

Valori di $\tau_{e,b,\perp}$ in funzione della trasparenza della schermatura		$\rho_{e,b,\perp}$				$\alpha_{e,b,\perp}$			
		Bianco	Pastello	Scuro	Nero	Bianco	Pastello	Scuro	Nero
Opaca	0,0	0,7	0,5	0,3	0,1	0,3	0,5	0,7	0,9
Mediamente traslucida o perforata	0,2	0,6	0,4	0,2	0,1	0,2	0,4	0,6	0,7
Altamente traslucida o perforata	0,4	0,4	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5

Tabella 31

SCHERMATURE REGOLABILI	τ_{\perp}	ρ_{\perp}		τ_{45°	ρ_{45°	$g_{(sh+gl)}$
SUD esterne	0	0,3	beam	0,05	0,23	0,06
			diffuse	0,33	0,16	0,17

Tabella 32

SCHERMATURE REGOLABILI	τ_{\perp}	ρ_{\perp}		τ_{45°	ρ_{45°	$g_{(sh+gl)}$
EST E OVEST esterne	0	0,3	beam	0,05	0,23	0,08
			diffuse	0,33	0,16	0,20

Tabella 33

CARICO TERMICO INVERNALE

Il carico termico invernale, consiste nella massima potenza termica che l'edificio disperde verso l'ambiente esterno, ottenuta dalla somma tra la potenza termica dispersa per trasmissione, la potenza dispersa per ventilazione e la potenza di ripresa per intermittenza. Al fin del calcolo si sono assunti i seguenti dati di progetto:

T_ext progetto	-5	°C
T_int progetto	20	°C
T_ext media annuale	13,7	°C
escursione T_ext annuale	11,7	°C
Gradi Giorno	2404	GG

Tabella 34

Potenza termica dispersa per trasmissione (attraverso l'involucro edilizio)

Si intende l'energia che si trasferisce da un sistema ad un altro, a seguito di una differenza di temperatura; nel nostro caso tra l'interno dell'edificio e l'ambiente esterno.

Il calcolo della potenza termica dispersa per trasmissione è stato parzializzato sulla base delle esposizioni che caratterizzano le varie parti dell'involucro edilizio, in quanto per ognuno entrava in gioco un coefficiente correttivo o fattore di esposizione differente, sempre considerando un salto termico di 25°C.

Fattore di esposizione $a_x = a_j$							
N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
1,20	1,20	1,15	1,10	1,00	1,05	1,10	1,15

Tabella 35

Si è fatto ricorso alla seguente formula:

- $QT = f_E * d_p * \Delta T$

Dove:

- f_E è il fattore di correzione esposizione
- d_p è il coefficiente di dispersione pareti in W/K
- ΔT è la differenza tra la temperatura interna di progetto e la temperatura esterna.

Sommando i valori parziali così ottenuti siamo stati in grado di ottenere la potenza totale dispersa per trasmissione:

	N	S	E	O	orizzontale	nessuna	
Fattore Correttivo di Esposizione	1,20	1,00	1,15	1,10	1,00	1,20	
Coefficiente di Scambio Termico H_T	169,65	145,64	478,44	476,72	473,86	182,89	W/K
ΔT (T progetto interna inverno - T progetto esterna inverno)	25	25	25	25	25	25	K
Potenza Termica Q_T	5089	3640	13755	13109	11846	5486	W
POTENZA DISPERSA per TRASMISSIONE attraverso l'involucro edilizio					52929		W

Tabella 36

Potenza termica dispersa per ventilazione (ricambi aria)

Si intende l'energia che si disperde per garantire un ricambio d'aria all'interno dei locali pari a 0,3 V/h.

Si è fatto ricorso alla seguente formula:

- $Q_v = (c_p * \rho * n * V_N * \Delta T)/3600$

dove:

- c_p è il calore specifico dell'aria, (1000 J/KgK)
- ρ è la densità dell'aria, (1,2 Kg/m³)
- n si riferisce ai ricambi orari d'aria
- V_N è il volume netto riscaldato, espresso in m³
- ΔT è la differenza tra la temperatura interna di progetto e la temperatura esterna.

Capacità Termica Volumica $c_{air} * \rho_{air}$	0,34	Wh/(m ³ K)
Numero ricambi d'aria medio giornaliero	0,3	1/h
V_N (netto riscaldato)	13849,75	m ³
ΔT ($T_{progetto\ interna\ inverno} - T_{progetto\ esterna\ inverno}$)	25	°C

POTENZA DISPERSA per VENTILAZIONE attraverso l'involucro edilizio	35317	W
--	--------------	----------

Tabella 37

Potenza termica di ripresa per intermittenza

Si intende la potenza necessaria al generatore per riportare l'ambiente interno alle condizioni di comfort termico, in seguito alla diminuzione della temperatura interna per esempio durante la notte, oppure per far fronte ad eventuali abbassamenti della temperatura esterna di progetto. Senza considerare questa potenza l'impianto sarebbe in grado solo di bilanciare le dispersioni per ventilazione e trasmissione senza però avere la capacità di innalzare la temperatura dell'ambiente.

Si è fatto ricorso alla seguente formula:

- $Q_i = A * f_{RH}$

dove:

- A è l'area utile calpestabile all'interno dell'edificio, espressa in m²
- f_{RH} è il fattore di ripresa, i cui valori sono annotati nella tabella sotto riportata (Prospetto NA.8, Norma UNI EN 12831):

prospetto NA.11b Fattore di ripresa f_{RH} per edifici residenziali - Abbassamento notturno per un massimo di 8 h

Tempo di ripresa (h)	f_{RH} (W/m ²)		
	Caduta di temperatura impostata per l'attenuazione (K)		
	1 ¹⁾	2	3
	Massa dell'edificio alta	Massa dell'edificio alta	Massa dell'edificio alta
1	11	22	45
2	6	11	22
3	4	9	16
4	2	7	13

1) Negli edifici ben isolati e a buona tenuta all'aria è molto improbabile che la temperatura ambiente discenda durante l'abbassamento notturno di oltre 2 K o 3 K. La discesa dipenderà comunque dalle condizioni climatiche e dalla massa termica dell'edificio.

Tabella 38

A	4946,34	m ²
Fattore di Ripresa f_{RH}	11	W/m ²

POTENZA di RIPRESA per INTERMITTENZA	54410	W
---	--------------	----------

Potenza termica disponibile

Facendo la somma tra potenza termica dispersa per trasmissione, la potenza dispersa per ventilazione e la potenza di ripresa per intermittenza otteniamo:

POTENZA TERMICA DISPONIBILE Q'	142,7	kW
---------------------------------------	--------------	-----------

dalla quale è possibile ottenere la potenza termica utile del generatore secondo la seguente formula:

- $P_n = Q' * 1,2$

POTENZA TERMICA UTILE P_n	171,2	kW
--	--------------	-----------

Il generatore sarà quindi da dimensionare in modo tale che sia in grado di generare una potenza minima di 171,5 KW.

TRASMISSIONE E VENTILAZIONE

Sulla base delle caratteristiche dell'involucro del nostro edificio e sulla base del quantitativo dei ricambi d'aria da garantire è stato possibile calcolare i coefficienti di scambio termico per trasmissione H_t e per ventilazione H_v.

Per il calcolo del coefficiente di scambio termico per trasmissione H_t si è fatto ricorso alla seguente formula:

- $H_t = [(A_{Trasparente} * U_W) + (A_{Opaca} * U_C)] * F_T$

dove:

- U_W è la trasmittanza propria del serramento scelto
- U_C è la trasmittanza propria dei componenti opachi
- F_T è il corrispondente fattore correttivo, variabile in base alle condizioni di temperatura dell'ambiente adiacente considerato

		esposizione						
		N	S	E	O	orizzon.	nessuna	
doppio vetro	A trasp	0,00	0,00	213,12	216,00	0,00	0,00	m ²
	U trasp.	0,00	0,00	1,78	1,78	0,00	0,00	W/(m ² K)
triplo vetro	A trasp	124,00	104,00	74,90	116,60	255,50	0,00	m ²
	U trasp.	1,28	1,27	0,00	0,00	1,27	0,00	W/(m ² K)
parete perimetrale	A opaca	76,05	96,05	708,25	663,67	0,00	0,00	m ²
	U opaca	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14	W/(m ² K)
	F _T	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
Parete su scala antincendio	A opaca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	413,60	m ²
	U opaca	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	W/(m ² K)
	F _T	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	
solaio copertura praticabile	A opaca	0,00	0,00	0,00	0,00	735,35	0,00	m ²
	U opaca	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	W/(m ² K)
	F _T	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	
solaio su piano interrato	A opaca	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	735,35	m ²
	U opaca	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	W/(m ² K)
	F _T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	H _t (W/K)
		169,65	145,64	478,44	476,72	473,86	182,89	1927,20

Tabella 39

Il fattore correttivo F_T , che dipende dalle diverse condizioni di temperatura degli ambienti adiacenti alla zona considerata, è stato determinato secondo il prospetto III – UNI TS 11300 – 1:2008, di seguito allegato:

Ambiente circostante	$F_{T,k}$
Ambienti con temperatura pari alla temperatura esterna	1,00
Ambiente non climatizzato	
- con una parete esterna	0,40
- senza serramenti esterni e con almeno due pareti esterne	0,50
- con serramenti esterni e con almeno due pareti esterne (per esempio autorimesse)	0,60
- con tre pareti esterne (per esempio vani scala esterni)	0,80
Piano interrato o seminterrato	
- senza finestra o serramenti esterni	0,50
- con finestre o serramenti esterni	0,80
Sottotetto	
- aerato	1,00
- tetto isolato	0,70
Terreno	0,45
Vespazio aerato	0,80

Tabella 40

Per il calcolo del coefficiente di scambio termico per ventilazione H_v si è fatto ricorso alla seguente formula:

$$H_v = (n \cdot \rho \cdot c_p \cdot V_N) / 3600$$

dove:

- n si riferisce ai ricambi orari d'aria
- ρ è la densità dell'aria, espressa in Kg/m^3
- c_p è il calore specifico dell'aria, espresso in J/KgK
- V_N è il volume netto riscaldato, espresso in m^3

n	ρ aria	c aria	V	H_v	$H_k = H_v + H_t$
1/h	kg/m^3	$\text{J}/(\text{kg} \cdot \text{K})$	m^3	W/K	W/K
0,3	1,2	1000	13849,75	1384,98	3312,18

Tabella 41

Il calcolo di H_t e H_v si è reso necessario per ricavare Q_t e Q_v , rispettivamente quantità totale di energia trasferita per trasmissione e quantità totale di energia di riferimento trasferita per ventilazione. L'operazione è stata effettuata sia per quanto riguarda il periodo invernale, considerando nulli i valori di Q_t e Q_v nei mesi in cui il riscaldamento non è in funzione, sia per quanto il periodo estivo.

Si è fatto ricorso alle seguenti formule per il calcolo di Q_t e Q_v :

- $Q_t = (H_t * \Delta\theta * \Delta t) * 24/1000$
- $Q_v = (H_v * \Delta\theta * \Delta t) * 24/1000$

dove:

- Q_t è la quantità totale di energia trasferita per trasmissione attraverso uno spazio soleggiato adiacente alla zona climatizzata o a temperatura controllata, espressa in kWh;
- H_t è il coefficiente di scambio termico per trasmissione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterno, espresso in W/K;
- Q_v è la quantità totale di energia trasferita per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterno, espressa in kWh;
- H_v è il coefficiente di scambio termico di riferimento per ventilazione tra la zona climatizzata o a temperatura controllata e l'ambiente esterna, espresso in W/K;
- $\Delta\theta$ è la differenza tra la temperatura interna di progetto della zona termica considerata, θ_i , e la temperatura media giornaliera esterna del mese di riferimento, θ_e , espressa in °C;
- Δt è il numero dei giorni del mese di riferimento, espressa in gg.

Le formule sopra riportate sono state infine utilizzate per ricavare $Q_{L,H}$ e $Q_{L,C}$, ovvero le dispersioni di energia totali, sia per trasmissione che per ventilazione, sia in inverno che in estate, per ogni mese di riferimento, ottenendo, attraverso la loro somma le dispersioni totali di un intero anno:

			INVERNO				ESTATE			
mese	gg	<Te> °C	Ti °C	Qt kWh	Qv kWh	Q_L,H kWh	Ti °C	Qt kWh	Qv kWh	Q_L,C kWh
gennaio	31	1,7	20	26239	18857	45096	26	34842	25039	59881
febbraio	28	4,2	20	20462	14705	35167	26	28233	20289	48522
marzo	31	9,2	20	15485	11129	26614	26	24088	17311	41400
aprile	30	14	20	8326	5983	14309	26	16651	11966	28617
maggio	31	17,9	20	0	0	0	26	11614	8346	19960
giugno	30	22,5	20	0	0	0	26	4857	3490	8347
luglio	31	25,1	20	0	0	0	26	1290	927	2218
agosto	31	24,1	20	0	0	0	26	2724	1958	4682
settembre	30	20,4	20	0	0	0	26	7770	5584	13355
ottobre	31	14	20	8603	6183	14786	26	17206	12365	29571
novembre	30	7,9	20	16790	12066	28856	26	25115	18049	43164
dicembre	31	3,1	20	24232	17414	41646	26	32835	23597	56432

Tabella 42

APPORTI INTERNI

L'energia dovuta agli apporti interni Q_i comprende qualunque calore generato nello spazio climatizzato dalle sorgenti interne diverse dal sistema di riscaldamento, quali ad esempio apporti dovuti al metabolismo degli occupanti, il consumo di calore dovuto alle apparecchiature elettriche e agli apparecchi di illuminazione, nonché gli apporti netti provenienti dal sistema di distribuzione e di scarico dell'acqua.

Sono stati calcolati i valori medi globali degli apporti interni di ogni singola cellula, nonché di tutti gli spazi comuni presenti ai vari piani e i servizi al piano terra ricorrendo alle formule di calcolo contenuta nel prospetto XII – UNI TS 11300 – 1:2008:

- $\dot{Q}_a = 5,294 * A - 0,01557 * A^2$ edifici residenziali con $A \leq 170 \text{ m}^2$
- $\dot{Q}_a = 450 \text{ W}$ edifici residenziali con $A > 170 \text{ m}^2$

dove:

- A è l'area utile calpestabile dell'appartamento o del locale preso in esame, espressa in m^2

Una volta ottenuto Q_a , quale somma di tutti gli apporti interni calcolati con la formula precedente, sono stati ricavati gli apporti di calore per ogni mese dell'anno secondo la formula:

- $Q_i = (Q_a * \Delta g) * 24/1000$

dove:

- Δg sono i giorni totali per ogni mese

Si riportano i dati ottenuti:

Tipologia	n	Area Utile [m^2]	Q_a [W]
cella singola	46	17,52	4046,70
cella quadrupla	25	54,94	6096,40
zone comuni	4	-	1800,00
sala studio	1	196,45	439,11
sala internet	1	76,1	312,70
wc	1	55,04	244,21
palestra	1	116,84	405,99
amministrazione	1	38,35	180,12
PT	1	-	450

APPORTI GRATUITI INTERNI	
mese	gg mese
gennaio	31
febbraio	28
marzo	31
aprile	30
maggio	31
giugno	30
luglio	31
agosto	31
settembre	30
ottobre	31
novembre	30
dicembre	31

Q_a	Q_i
W	kWh
14425,25	10732
	9694
	10732
A_N	10386
m^2	10732
4946,34	10386
	10732
	10732
	10386
	10732
	10386
	10732

Tabella 43

AGGETTI E APPORTI SOLARI

Elementi necessari al fine del calcolo degli apporti solari sono i fattori di riduzioni dovuti da tutti quegli aggetti fissi dell'edificio che in qualche modo vanno ad ombreggiare le componenti opache e trasparenti dell'involucro edilizio. Questi fattori sono direttamente dipendenti dall'orientamento della facciata su cui insistono, dalla loro entità, e dal fatto che essi creino un ombreggiamento verticale o orizzontale. Tali aggetti sono stati valutati secondo i seguenti schemi:

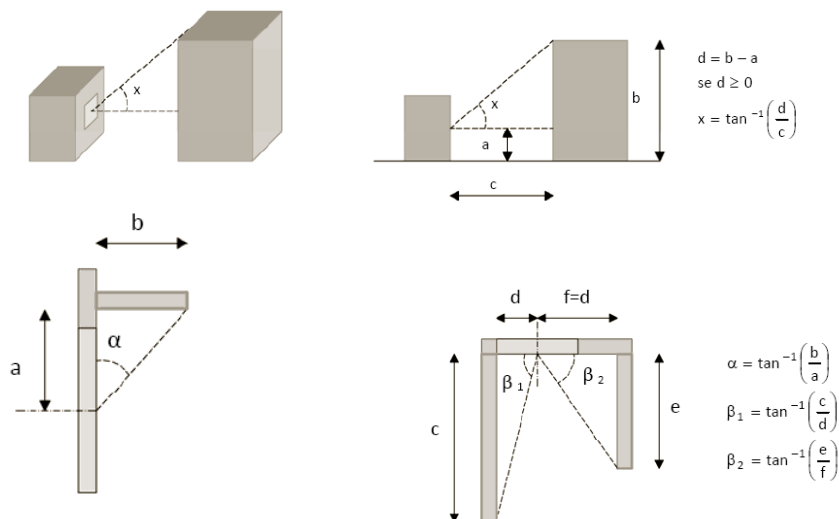


Figura 36

Il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura è stato calcolato attraverso la seguente formula:

$$F_{s,i,j} = F_{h,i,j} * \min (F_{h,i,j}; F_{f,i,j})$$

dove:

- $F_{s,i,j}$ è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura per il serramento i , con esposizione j ;
- $F_{h,i,j}$ è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad ostruzioni esterne per il serramento i , con esposizione j ;
- $F_{h,i,j}$ è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti orizzontali per il serramento i , con esposizione j ;
- $F_{f,i,j}$ è il fattore di ombreggiatura parziale dovuto ad aggetti verticali per il serramento i , con esposizione j ;

In base agli aggetti a cui l'edificio è soggetto, è possibile ottenere i fattori sopra descritti all'interno di tabelle, UNI TS 11300 – 1:2008, utilizzando come dati di ingresso l'orientamento (N,S,E,O) e l'angolo di ombreggiamento calcolato come descritto nelle figure sopra citate.

Alla fine del calcolo si sono ottenute le seguenti tabelle contenenti i fattori di riduzione dovuti all'ombreggiamento per le superfici trasparenti e per le superfici opache dell'edificio:

Aggetti - SUPERFICI TRASPARENTI							
$F_s (x, \alpha, \beta)$	N	S	E1	E2	O1	O2	Oriz.
gennaio	0,89	0,92	0,52	0,52	0,52	0,52	1,00
febbraio	0,89	0,90	0,68	0,68	0,68	0,68	1,00
marzo	0,89	0,88	0,71	0,71	0,71	0,71	1,00
aprile	0,88	0,88	0,76	0,69	0,76	0,69	1,00
maggio	0,85	0,88	0,76	0,66	0,76	0,66	1,00
giugno	0,85	0,89	0,80	0,68	0,80	0,68	1,00
luglio	0,84	0,88	0,80	0,68	0,80	0,68	1,00
agosto	0,87	0,88	0,79	0,70	0,79	0,70	1,00
settembre	0,89	0,88	0,70	0,67	0,70	0,67	1,00
ottobre	0,89	0,89	0,63	0,63	0,63	0,63	1,00
novembre	0,89	0,92	0,57	0,57	0,57	0,57	1,00
dicembre	0,89	0,92	0,47	0,47	0,47	0,47	1,00

Tabella 44

Aggetti - SUPERFICI OPACHE					
$F_s (x, \alpha, \beta)$	N	S	E	O	Oriz.
gennaio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
febbraio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
marzo	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
aprile	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
maggio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
giugno	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
luglio	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
agosto	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
settembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ottobre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
novembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
dicembre	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Avendo nei prospetti est ed ovest due tipologie differenti di finestre, con posizionamento differente sullo spessore del muro, si possono notare nella prima tabella due colonne per l'orientamento est e due colonne per l'orientamento ovest.

I coefficienti delle superfici opache risultano essere tutti pari a 1,00, in quanto non soggetti ad alcun ombreggiamento.

Di seguito viene riportata la tabella di riferimento delle componenti opache:

Esposizione - COMPONENTI OPACHI						
	N	S	E	O	orizzontale	
A parete esterna	76,05	96,05	708,25	663,67	0,00	m ²
Ni	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	m ²
A copertura praticabile	0,00	0,00	0,00	0,00	735,35	m ²
Ni	0,008	0,008	0,008	0,008	0,008	m ²
F _{er}	1,00	1,00	1,0	1,0	0,8	
α _s	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60	

Tabella 45

Ulteriori elementi che vanno tenuti in considerazione al fine del calcolo degli apporti solari, in riferimento alle sole superfici trasparenti, sono rappresentati dalle schermature mobili permanenti. Si rende necessario quindi anche il calcolo del fattore di riduzione degli apporti solari F_{sh} dovuto all'effetto di cosiddette schermature mobili permanenti, comprensivo della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata:

$$F_{sh,i,j} = [g_{(sh+gl),b,i} * f_{b,j} + g_{(sh+gl),d,i} * (1-f_{b,j})] / g_{\perp,i}$$

dove:

- $g_{(sh+gl),b,i}$ è la trasmittanza di energia solare diretta totale dell'i-esimo serramento in presenza di sistemi schermanti
 - $f_{b,j}$ è il fattore di peso dell'irradiazione diretta rispetto all'irradiazione totale sulla superficie con esposizione j
 - $g_{(sh+gl),d,i}$ è la trasmittanza di energia solare diffusa totale dell'i-esimo serramento in presenza di sistemi schermanti
 - $g_{\perp,i}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento i
- Vengono riportati i valori di $g_{(sh+gl),b,i}$ e $g_{(sh+gl),d,i}$ considerati in base alle schermature previste:

	N triplo	S triplo	E no scher	E scher	O no scher	O scher	orizzontale
$g_{(sh+gl) \text{ beam}}$	0,06	0,06	0,26	0,08	0,26	0,08	0,26
$g_{(sh+gl) \text{ diffuse}}$	0,17	0,17	0,26	0,20	0,26	0,20	0,26

Tabella 46

I coefficienti correlati a finestre non schermate sono stati calcolati con $g_{\perp} * F_{gl}$, che risultano essere caratteristiche proprie del vetro.

Di seguito viene riportata la tabella di riferimento delle componenti trasparenti:

Esposizione - COMPONENTI TRASPARENTI							
		N	S	E	O	orizzontale	
VETRO DOPPIO selettivo, basso emissivo	A trasparente	0,00	0,00	213,12	216,00	0,00	m ²
	1-F _f	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
	g _⊥	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	
	F _{gl}	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	
VETRO TRIPLO selettivo, basso emissivo	A trasparente	124,00	104,00	74,90	116,60	255,50	m ²
	1-F _f	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	
	g _⊥	0,31	0,31	0,31	0,31	0,31	
	F _{gl}	0,85	0,85	0,85	0,85	0,85	

Tabella 47

Si riporta il prospetto dal quale vengono estrapolati i valori di $f_{b,j}$:

Regione Lombardia					
f_b	N	S	E	O	orizzont.
gennaio	0,00	0,75	0,50	0,50	0,40
febbraio	0,00	0,70	0,50	0,50	0,50
marzo	0,00	0,65	0,55	0,55	0,55
aprile	0,10	0,55	0,55	0,55	0,60
maggio	0,25	0,40	0,55	0,55	0,60
giugno	0,30	0,35	0,55	0,55	0,65
luglio	0,35	0,45	0,60	0,60	0,70
agosto	0,15	0,50	0,60	0,60	0,65
settembre	0,00	0,65	0,60	0,60	0,60
ottobre	0,00	0,75	0,55	0,55	0,55
novembre	0,00	0,75	0,50	0,50	0,45
dicembre	0,00	0,75	0,50	0,50	0,40

Tabella 48

Dal calcolo dei valori di F_{sh} , considerando in percentuale per ogni orientamento le superfici schermate e quelle non schermate, si è ottenuta la seguente tabella:

F_{sh}	N	S	E	O	orizzont.
gennaio	0,38	0,28	0,55	0,59	0,85
febbraio	0,38	0,30	0,55	0,59	0,85
marzo	0,38	0,31	0,54	0,58	0,85
aprile	0,36	0,35	0,54	0,58	0,85
maggio	0,32	0,40	0,54	0,58	0,85
giugno	0,31	0,42	0,54	0,58	0,85
luglio	0,29	0,39	0,52	0,56	0,85
agosto	0,35	0,37	0,52	0,56	0,85
settembre	0,38	0,31	0,52	0,56	0,85
ottobre	0,38	0,28	0,54	0,58	0,85
novembre	0,38	0,28	0,55	0,59	0,85
dicembre	0,38	0,28	0,55	0,59	0,85

Tabella 49

Successivamente si è andati a calcolare $F_{(sh+gl),i,j}$, fattore di correzione per l'angolo di incidenza medio giornaliero diverso da 0° , e indispensabile per il calcolo finale degli apporti solai Q_{SI} :

- $F_{(sh+gl),i,j} = F_{gl,i}$
- $F_{(sh+gl),i,j} = f_{shd,j} * F_{sh,i,j} + (1 - f_{shd,j}) * F_{gl,i}$

dove:

- $F_{gl,i}$ è il fattore di correzione che tiene conto della dipendenza angolare delle proprietà ottiche della superficie trasparente i , quando non schermata e dipende dalle caratteristiche del vetro scelto
- $f_{shd,j}$ è la frazione di tempo in cui la schermatura solare è utilizzata, pesata sull'irradianza solare incidente, ed in funzione della sua esposizione j
- $F_{sh,i,j}$ è il fattore di riduzione degli apporti solari dovuto all'effetto di schermature mobili permanenti, comprensivo della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata.

Si riporta il prospetto relativo ai valori di $f_{shd,j}$:

f_{shd}	N	S	E	O	orizzont.
gennaio	0,00	0,81	0,52	0,39	0,00
febbraio	0,00	0,82	0,48	0,55	0,00
marzo	0,00	0,81	0,66	0,63	0,00
aprile	0,00	0,74	0,71	0,62	0,00
maggio	0,00	0,62	0,71	0,64	0,00
giugno	0,00	0,56	0,75	0,68	0,00
luglio	0,00	0,62	0,74	0,73	0,00
agosto	0,00	0,76	0,75	0,72	0,00
settembre	0,00	0,82	0,73	0,67	0,00
ottobre	0,00	0,86	0,72	0,60	0,00
novembre	0,00	0,84	0,62	0,30	0,00
dicembre	0,00	0,86	0,50	0,42	0,00

Tabella 50

Dopo aver ottenuto tutti i valori, fattori e coefficienti sopra citati si è passati al calcolo degli apporti solari interni Q_{Si} , facendo ricorso alla seguente formula:

$$Q_{Si} = N \cdot \sum_j \left[\bar{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i A_{L,i} \cdot (1 - F_{F,i}) \cdot F_{S,i,j} \cdot F_{(sh+gl),i,j} \cdot g_{\perp,i} \right) \right]$$

Dove:

- N è il numero dei giorni del mese di riferimento
- $H_{s,j}$ è l'irradiazione giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente in kWh/ m²
- $A_{L,i}$ è la superficie lorda del serramento vetrato assunta pari a quella dell'apertura realizzata sulla parete espresso in m²
- $(1 - F_{F,i})$ è il coefficiente di riduzione dovuto al telaio per il serramento i, pari al rapporto tra l'area trasparente e l'area totale dell'unità vetrata, si assume un valore convenzionale pari a 0,80;
- $F_{S,i,j}$ è il fattore di riduzione dovuto dalla presenza di aggetti che ombreggiano la superficie
- $F_{(sh+gl),i,j}$ è il fattore di riduzione dovuto alla presenza di schermature che tiene anche conto della riduzione dovuta all'inclinazione dei raggi solari rispetto alla superficie verticale interessata
- $g_{\perp,i}$ è la trasmittanza dell'energia solare totale della superficie trasparente del serramento (fattore solare)

Dalla tabella di calcolo vengono riportati i risultati riguardanti gli apporti solari interni Q_{Si} (stagione di riscaldamento):

APPORTI SOLARI INTERNI - stagione di riscaldamento							
		N	S	E	O	orizzontale	Q_{Si}
mese	gg mese	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
gennaio	31	288	1063	967	1193	1837	5349
febbraio	28	456	1326	1818	2178	2865	8643
marzo	31	721	1854	3533	4219	5343	15670
aprile	30	1035	1736	4683	5564	7433	20451
maggio	31	0	0	0	0	0	0
giugno	30	0	0	0	0	0	0
luglio	31	0	0	0	0	0	0
agosto	31	0	0	0	0	0	0
settembre	30	0	0	0	0	0	0
ottobre	31	577	1754	2465	2977	3840	11613
novembre	30	349	1150	1114	1361	1939	5912
dicembre	31	288	938	799	996	1503	4525

Tabella 51

Dall'analisi dei dati ottenuti si evince che l'est e l'ovest risultano essere i lati con i maggiori valori di apporti solari, ed è per tale motivo che si è optato per l'adozione di schermature regolabili permanenti, che vanno a bloccare in parte la radiazione solare nei mesi estivi. Per gli stesso motivi è stata adottata questa tecnologia per il lato sud. Il lato nord invece risulta esserne sprovvisto, sia per inutilità a livello del calcolo, sia per permettere il maggior afflusso di luce naturale.

Dalla tabella di calcolo vengono riportati i risultati riguardanti gli apporti solari interni Q_{SI} (stagione di raffrescamento):

APPORTI SOLARI INTERNI - stagione di raffrescamento							
		N	S	E	O	orizzontale	Q_{SI}
mese	gg _{mese}	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
gennaio	31	288	483	790	1050	1837	4448
febbraio	28	456	616	1509	1809	2865	7257
marzo	31	721	906	2670	3361	5343	13000
aprile	30	1035	980	3452	4451	7433	17350
maggio	31	1515	1129	4114	5260	9350	21369
giugno	30	1733	1134	4331	5537	10018	22753
luglio	31	1770	1186	4862	6076	11187	25080
agosto	31	1269	1054	4066	5133	9016	20537
settembre	30	837	921	2815	3635	6302	14510
ottobre	31	577	738	1808	2400	3840	9363
novembre	30	349	499	870	1235	1939	4892
dicembre	31	288	394	658	868	1503	3711

Tabella 52

Da questa seconda tabella si può vedere come i valori degli apporti solari sul lato nord rimangono invariati, mentre quelli sugli altri tre lati si vadano a ridurre notevolmente; risultato ottenuto appunto attraverso l'utilizzo di schermature regolabili permanenti, non impiegate nella stagione di riscaldamento.

Per il calcolo degli apporti solari esterni attraverso superfici opache Q_{SE} si è fatto ricorso alla seguente formula:

$$Q_{SE,O} = N \cdot \sum_j \bar{H}_{s,j} \cdot \left(\sum_i \alpha_i \cdot A_{L,i} \cdot F_s \cdot F_{er,i} \cdot \frac{U_i}{h_e} \right)_j$$

dove:

- N è il numero dei giorni del mese di riferimento
- $H_{s,j}$ è l'irradiazione giornaliera media mensile incidente sulla superficie trasparente in kWh/ m²
- α_i è il fattore di assorbimento solare medio della superficie assorbente della parete opaca
- $A_{L,i}$ è la superficie lorda della parete opaca espressa in m²
- F_s è il fattore di riduzione dovuto all'ombreggiatura
- $F_{er,i}$ è il coefficiente di correzione per compensazione con riemissione radiativa notturna
- U_i è la trasmittanza termica della parete opaca espressa in W/m²K
- h_e è il coefficiente di scambio termico superficiale esterno, pari a 25 W/m²K

Dalla tabella di calcolo vengono riportati i risultati riguardanti gli apporti solari esterni Q_{SE} :

APPORTI SOLARI ESTERNI							
		N	S	E	O	orizzontale	Q_{SE}
mese	gg _{mese}	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh
gennaio	31	3	17	59	55	99	233
febbraio	28	5	22	93	87	154	361
marzo	31	8	31	177	166	287	668
aprile	30	11	29	228	214	399	881
maggio	31	17	28	272	255	502	1074
giugno	30	20	26	285	267	537	1135
luglio	31	21	30	324	303	600	1278
agosto	31	14	31	272	255	484	1056
settembre	30	9	32	199	187	338	765
ottobre	31	6	29	132	124	206	498
novembre	30	4	18	64	60	104	250
dicembre	31	3	15	52	48	81	199

Tabella 53

FABBISOGNO TERMICO

Il fabbisogno termico rappresenta l'energia totale necessaria ad un edificio per il riscaldamento invernale, il raffrescamento estivo e per garantire i ricambi aria necessari per la salubrità degli ambienti. Il fabbisogno termico si riferisce alla richiesta energetica annua da parte dell'edificio, e risulta essere influenzato sia da fattori esterni, come temperatura, apporti solari, che da fattori propri dell'edificio come temperatura interna, ricambi d'aria, tipologia e rendimento dell'impianto e prestazione dell'involucro edilizio

Dalla tabella di calcolo è stato possibile ottenere il fabbisogno termico per la stagione di riscaldamento, dal 1 ottobre al 30 aprile secondo la zona geografica di appartenenza, e per la stagione di raffrescamento, come di seguito riportato:

- Stagione di riscaldamento:

		$Q_{L\text{ Hot}} - Q_{SE}$	$Q_G = Q_{SI} + Q_I$	$\gamma_{\text{ Hot}}$	a_c	$\eta_{\text{ Gain Hot}}$	$Q_{\text{ Hot}}$
mese	gg mese	kWh	kWh				kWh
gennaio	31	44863	16080	0,36	17,3	1,00	28782
febbraio	28	34806	18336	0,53	17,3	1,00	16470
marzo	31	25946	26401	1,02	17,3	0,94	1217
aprile	30	13428	30837	2,30	17,3	0,44	0
maggio	31	0	0	0	0	0	0
giugno	30	0	0	0	0	0	0
luglio	31	0	0	0	0	0	0
agosto	31	0	0	0	0	0	0
settembre	30	0	0	0	0	0	0
ottobre	31	14287	22345	1,56	17,3	0,64	2
novembre	30	28605	16298	0,57	17,3	1,00	12307
dicembre	31	41447	15257	0,37	17,3	1,00	26190
FABBISOGNO TERMICO - stagione di riscaldamento							84969

Tabella 54

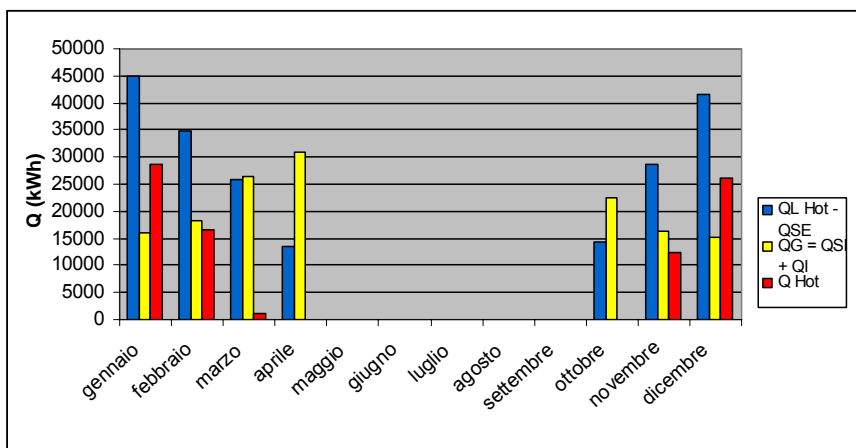


Grafico 2

Si è fatto ricorso alla seguenti formula per il calcolo di Q_H :

$$Q_H = \max [0; (Q_{L,H} - Q_{SE}) - \eta_{G,H} * Q_G]$$

dove:

- $(Q_{L,H} - Q_{SE})$ è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, espressa in kWh
- $\eta_{G,H}$ è il fattore di utilizzazione di riferimento degli apporti energetici gratuiti
- Q_G è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare entrata attraverso i componenti trasparenti, espresso in kWh

- Stagione di raffrescamento:

		$Q_{L\ Cold} - Q_{SE}$	$Q_G = Q_{SI} + Q_I$	γ_{Cold}	a_c	$\eta_{Loss\ Cold}$	Q_{Cold}
mese	gg mese	kWh	kWh				kWh
gennaio	31	59648	15179	3,93	17,3	0,25	0
febbraio	28	48161	16950	2,84	17,3	0,35	0
marzo	31	40732	23732	1,72	17,3	0,58	1
aprile	30	27736	27736	1,00	17,3	0,95	1518
maggio	31	18886	32101	0,59	17,3	1,00	13216
giugno	30	7211	33139	0,22	17,3	1,00	25928
luglio	31	940	35812	0,03	17,3	1,00	34873
agosto	31	3625	31269	0,12	17,3	1,00	27644
settembre	30	12589	24896	0,51	17,3	1,00	12307
ottobre	31	29073	20095	1,45	17,3	0,69	11
novembre	30	42913	15278	2,81	17,3	0,36	0
dicembre	31	56233	14443	3,89	17,3	0,26	0
FABBISOGNO TERMICO - stagione di raffrescamento							115497

Tabella 55

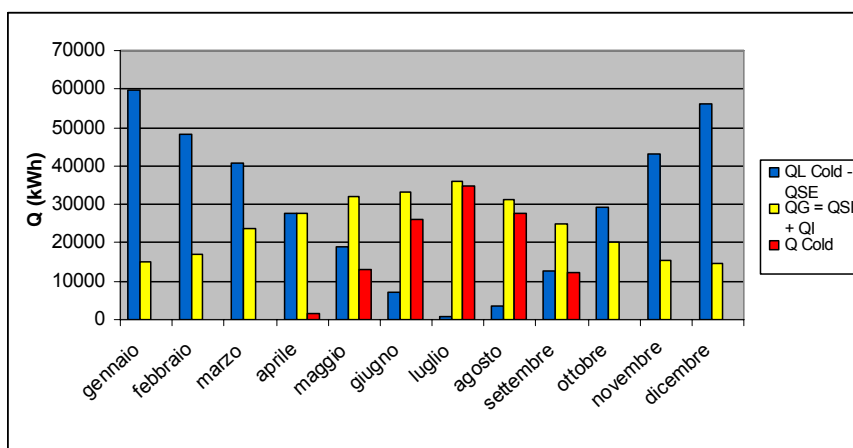


Grafico 3

Si è fatto ricorso alla seguenti formula per il calcolo di Q_{C} :

$$Q_{C} = \max [0; (Q_{L,H} - Q_{SE}) - \eta_{L,C} * Q_G]$$

dove:

- $(Q_{L,H} - Q_{SE})$ è la quantità di energia di riferimento scambiata per trasmissione e per ventilazione tra l'ambiente a temperatura controllata o climatizzato e l'ambiente circostante al netto dei contributi della radiazione solare trasferita all'interno per assorbimento sui componenti opachi e da eventuali spazi soleggiati addossati all'involucro, espressa in kWh
- $\eta_{L,C}$ è il fattore di utilizzazione di riferimento delle dispersioni termiche
- Q_G è la quantità di energia gratuita dovuta alle sorgenti interne ed alla radiazione solare entrata attraverso i componenti trasparenti, espresso in kWh

Andando ad analizzare il fabbisogno termico invernale ed estivo è possibile notare come il primo raggiunga i picchi più elevati nei mesi di dicembre e gennaio fino a raggiungere valori nulli nei mesi estivi, dove l'impianto di riscaldamento è spento e come nel secondo, invece, si raggiunga il picco più elevato nel mese di luglio, fino ad annullarsi nei mesi più freddi.

I valori totali finali sono:

fabbisogno termico- stagione di riscaldamento = 84969 kWh
 fabbisogno termico - stagione di raffrescamento = 115497 kWh

VERIFICHE CERTIFICAZIONE

In quest'ultima operazione di calcolo vengono condotte le verifiche, raffrontando il fabbisogno termico annuo con il limite imposto dalle norme.

Come primo passaggio è necessario andare a definire tale limite, il quale dipende dai gradi giorno, ossia dalla localizzazione dell'edificio, e dal rapporto di forma S/V dell'edificio, così come riportato nella seguente tabella:

S/V	zona D		zona E		zona F
	da 1401 GG	a 2100 GG	da 2101 GG	a 3000 GG	oltre 3001 GG
0,2	21,3	34	34	46,8	46,8
0,9	68	88	88	116	116

Tabella 56

L'edificio in oggetto risulta avere un rapporto S/V pari a 0,27 e, in base alla localizzazione, 2404 GG, pertanto rispetto alla precedente tabella è necessario effettuare una duplice interpolazione, ottenendo come risultato finale:

		$EP_{H \text{ lim}}$
S/V =	0,27	44,50
GG =	2404	

Tabella 57

Successivamente si è proceduto con la determinazione della quantità di energia primaria Q_{EPH} necessaria per il soddisfacimento del fabbisogno termico invernale, la cui determinazione dipende direttamente dal rendimento dell'impianto di riscaldamento nella sua totalità.

Si è fatto ricorso alla seguente formula per il calcolo di Q_{EPH} :

- $Q_{EPH} = Q_{H_annuo} / \varepsilon_{g_min}$

dove:

- Q_{H_annuo} è il fabbisogno termico annuo per la stagione di riscaldamento in kWh
- ε_{g_min} è il rendimento dell'impianto di riscaldamento

Di seguito vengono riportati i dati:

FABBISOGNO TERMICO ANNUO per il riscaldamento			
$Q_{H \text{ annuo}}$	84969	kWh	
POTENZA TERMICA UTILE del generatore			
P_n	171,2	kW	
EFFICIENZA GLOBALE media stagionale minima dell'impianto di riscaldamento GEOTERMICO			
$\varepsilon_{g \text{ minimo}}$	130,0%		
FABBISOGNO ENERGETICO ANNUO per il riscaldamento			
$Q_{EPH \text{ annuo}}$	65361	kWh	
A_N	4946,34	m^2	

Tabella 58

È stato poi possibile determinare l'indice di prestazione energetica EP_H che esprime il consumo di energia primaria totale riferito all'unità di superficie utile espresso in KW/m^2 anno, successivamente confrontato con i valori limite delle classi energetiche.

Si è fatto ricorso alla seguente formula per il calcolo di EP_H :

- $EP_H = Q_{EPH_annuo} / A_{utile}$

dove:

- Q_{EPH_annuo} è il consumo annuo di energia primaria espresso in kWh
- A_{utile} è l'area di pavimento utile dell'involucro edilizio in m^2

Il valore ottenuto dall'applicazione di questa formula deve necessariamente risultare inferiore al $EP_{H\ lim}$ affinché il consumo di energia da parte dell'edificio risponda ai requisiti minimi di legge.

L'edificio in oggetto ha ottenuto il seguente risultato:

$Q_{EPH} =$	13,2	kWh/m ²	A+
$Q_{EPH\ limite} =$	44,5	kWh/m ²	
CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER IL RISCALDAMENTO			

Tabella 59

Rispettando quindi i limiti di legge.

Il valore dell' EP_H è stato anche confrontato con i valori della tabella seguente al fine della determinazione della classe energetica per la climatizzazione invernale o il riscaldamento:

Classe	Edifici di classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme		
	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$EP_H < 14$	$EP_H < 20$	$EP_H < 25$
A	$14 \leq EP_H < 29$	$20 \leq EP_H < 39$	$25 \leq EP_H < 49$
B	$29 \leq EP_H < 58$	$39 \leq EP_H < 78$	$49 \leq EP_H < 98$
C	$58 \leq EP_H < 87$	$78 \leq EP_H < 118$	$98 \leq EP_H < 148$
D	$87 \leq EP_H < 116$	$118 \leq EP_H < 157$	$148 \leq EP_H < 198$
E	$116 \leq EP_H < 145$	$157 \leq EP_H < 197$	$198 \leq EP_H < 248$
F	$145 \leq EP_H < 175$	$197 \leq EP_H < 236$	$248 \leq EP_H < 298$
G	$EP_H \geq 175$	$EP_H \geq 236$	$EP_H \geq 298$

Tabella 60

L'edificio in oggetto è classificato dal punto di vista della climatizzazione invernale in classe energetica **A+**.

Successivamente si è calcolato anche l'indice di prestazione energetica ET_c , per il periodo di raffrescamento, che esprime il consumo di energia totale riferito all'unità di superficie utile espresso in KW/m^2 anno.

FABBISOGNO ENERGETICO ANNUO per il raffrescamento			
$Q_{C\ annuo}$	115497	kWh	
A_N	4946,34	m^2	

Tabella 61

Si è fatto ricorso alla seguente formula per il calcolo di EP_H :

- $ET_c = Q_{c\text{ annuo}} / A_{\text{utile}}$

dove:

- $Q_{c\text{ annuo}}$ è il fabbisogno termico annuo per la stagione di raffrescamento in kWh
- A_{utile} è l'area di pavimento utile dell'involucro edilizio in m^2

L'edificio in oggetto ha ottenuto il seguente risultato:

$Q_{ETC} =$	23,3	kWh/m ²	C
CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER IL RAFFRESCAMENTO			

Tabella 62

Anche il valore dell' EP_H è stato confrontato con i valori della tabella seguente al fine della determinazione della classe energetica per la climatizzazione estiva o il raffrescamento:

Classe	Edifici di classe E.1 esclusi collegi, conventi, case di pena e caserme		
	Zona E	Zona F1	Zona F2
A+	$ET_c < 5$	$ET_c < 5$	$ET_c < 5$
A	$5 \leq ET_c < 10$	$5 \leq ET_c < 10$	$5 \leq ET_c < 10$
B	$10 \leq ET_c < 20$	$10 \leq ET_c < 20$	$10 \leq ET_c < 20$
C	$20 \leq ET_c < 30$	$20 \leq ET_c < 30$	$20 \leq ET_c < 30$
D	$30 \leq ET_c < 40$	$30 \leq ET_c < 40$	$30 \leq ET_c < 40$
E	$40 \leq ET_c < 50$	$40 \leq ET_c < 50$	$40 \leq ET_c < 50$
F	$50 \leq ET_c < 60$	$50 \leq ET_c < 60$	$50 \leq ET_c < 60$
G	$ET_c \geq 60$	$ET_c \geq 60$	$ET_c \geq 60$

Tabella 63

L'edificio in oggetto è classificato dal punto di vista della climatizzazione estiva in classe energetica **C**.

TECNOLOGIE IMPIANTISTICHE

GEOTERMIA

Il quarto rapporto dell'ONU-IPCC sul clima, uscito nel febbraio 2007, ha ulteriormente precisato i termini dei cambiamenti climatici, già in atto e causati in gran parte dalle emissioni di gas a effetto serra derivanti dai combustibili fossili (www.ipcc.ch).

Nello stesso tempo ASPO, l'associazione per lo studio del Picco del Petrolio, ha aggiunto nuovi dati che collocano proprio tra il 2006 e il 2007 il "picco del petrolio", ovvero il momento di massima estrazione mondiale, cui seguirà un declino tale da far aumentare i prezzi e i conflitti (www.aspoitalia.net).

Due situazioni che da sole bastano per spingerci ad operare scelte di efficienza energetica e riduzione della dipendenza da petrolio e gas.

Il geotermico è senza dubbio una delle tante soluzioni a questo problema, utilizzabile nel contesto del riscaldamento/raffrescamento domestico. L'energia geotermica in qualche zona è disponibile sottoforma di sorgenti ad alta temperatura, come accade in Islanda, e in Italia a Larderello, dove da circa un secolo il vapore viene direttamente impiegato per la produzione di energia elettrica: a 3Km di profondità la temperatura raggiunge anche i 300-400° C, qui l'Enel produce ogni anno circa 5 miliardi di kWh di energia elettrica pari al fabbisogno energetico di circa 2 milioni di famiglie italiane, evitando di bruciare 1,10 milioni di tonnellate equivalenti di petrolio corrispondenti a 3,8 milioni di tonnellate di anidride carbonica.

Ma non tutte le regioni sono così fortunate, altrove l'energia che affluisce dalle profondità terrestri è molto più diluita e la temperatura aumenta di circa 3°C ogni 100 m di profondità.

Posto che nei primi metri di suolo la temperatura è pressoché pari a quella media dell'atmosfera, nel Nord Italia circa 12°C, ciò significa che a 100 m di profondità si misureranno circa 15°C, con variazioni locali dipendenti dal tipo di roccia e dall'eventuale circolazione di acqua di falda. Questo flusso energetico è pressoché inesauribile, almeno alla scala dei tempi umani, e si propaga per conduzione nelle rocce compatte e per convezione in quelle fratturate e nei sedimenti permeabili. Apparentemente la temperatura del sottosuolo è più bassa rispetto per esempio ai 20°C che si desiderano in casa durante la stagione di riscaldamento. Tuttavia è possibile "concentrarla" estraendola con una pompa di calore, una sorta di frigorifero che attraverso il processo di compressione/ espansione di un gas è in grado di prelevare calore da una "fonte fredda" e trasferirlo ad un altro corpo più caldo, con un processo inverso a quello che avviene in natura, dove il calore si trasferisce sempre da un corpo a temperatura superiore ad un altro a temperatura inferiore. Ovviamente per effettuare questo trasferimento occorre fornire del lavoro sotto forma di elettricità che fa funzionare un compressore, ma il vantaggio è che si ottiene più energia di quanta se ne immette nel sistema: per ogni unità di energia elettrica, se ne ottengono circa tre/quattro dal calore estratto dal suolo. È il coefficiente di prestazione "COP", dato dal rapporto tra energia resa ed energia elettrica consumata. Il rendimento è tanto maggiore quanto più bassa è la differenza di temperatura tra l'ambiente da riscaldare e la sorgente di calore che viene utilizzata. Per questo è fondamentale impiegare impianti radianti a bassa temperatura e provvedere a un perfetto isolamento termico dell'edificio: in questo modo si avrà la massima efficienza energetica del sistema. Se poi si potrà disporre di un impianto fotovoltaico, allora anche l'energia elettrica necessaria per far funzionare la pompa di calore sarà completamente rinnovabile e autoprodotta.

Tra i paesi a noi vicini, la Svizzera vanta una grande diffusione delle pompe di calore: nel 2006 ne risultavano installate complessivamente 110.000 con una produzione termica di 2573 GWh, pari all'1,3% dell'energia termica prodotta nel paese. Progettisti, costruttori e installatori fin dal 1993 si sono consorziati nel Groupement promotion nel suisse pour les pompes à chaleur GSP che si occupa di formazione, informazione e controllo qualità (www.pac.ch). I risultati si vedono, con 15000 unità installate nel solo 2006 su una popolazione di 7,4 milioni di abitanti.

PRINCIPI DI FUNZIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La geotermia a bassa entalpia sfrutta il sottosuolo come serbatoio di calore. Nei mesi invernali il calore viene trasferito in superficie, viceversa in estate il calore in eccesso, presente negli edifici, viene dato al terreno. Questa operazione è resa possibile dalle pompe di calore. Questa tecnologia sfrutta la temperatura costante che il terreno possiede lungo tutto il corso dell'anno. Normalmente, già ad un metro di profondità, si riescono ad avere circa 10-12°C. A questo punto, attraverso l'inserimento nel terreno di sonde geotermiche, si utilizza la pompa di calore, che sfrutta la differenza di calore fra il terreno e l'ambiente esterno, per assorbire calore dal terreno e renderlo disponibile per gli usi umani. Più questa differenza è bassa migliore è il rendimento. La pompa di calore necessita di energia elettrica per funzionare, in condizioni medie per ogni kW elettrico consumato si ottengono 3 kW termici. Per rendere l'impianto ambientalmente più compatibile ed energeticamente autosufficiente, si può abbinare ad un impianto fotovoltaico che produrrà l'energia necessaria per alimentare la pompa di calore. Lo stesso impianto può essere utilizzato per raffreddare gli edifici, facendo funzionare la pompa di calore al contrario, quindi assorbendo il calore dall'interno dell'edificio e trasferendolo al sottosuolo. L'alternanza del funzionamento estate/inverno permette di non raffreddare sensibilmente la zolla di terreno in cui sono situate le sonde.

Riscaldamento invernale:

In modalità riscaldamento il fluido di circolazione scende attraverso la sonda di mandata ad una temperatura inferiore a quella del terreno (per esempio a 3-4° se è costituito solo da acqua, o a 0° se è additivata con glicole) e risale con una temperatura di 4-5° superiore, dopo avere estratto calore dal terreno per conduzione.

La pompa di calore è in grado di trasferire il calore estratto dal terreno all'impianto di distribuzione facendo uscire acqua ad una temperatura di 40-42° (nel caso dei pannelli radianti); l'acqua di ritorno dall'impianto rientra nella pompa di calore ad una temperatura di 4-5° inferiori, dopo avere ceduto calore all'ambiente.

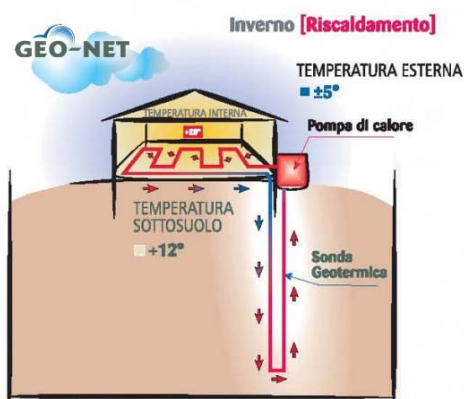


Figura 37

Raffrescamento estivo:

Per la stagione estiva si possono differenziare due modalità di funzionamento: il raffrescamento attivo e il raffrescamento naturale.

Il raffrescamento attivo (*active cooling* o *direct cooling*) presuppone il funzionamento della pompa di calore anche in estate. Il fluido di circolazione deve scendere attraverso la sonda di mandata ad una temperatura superiore a quella del terreno (per esempio a 25-30°) e risale ad una temperatura di 4-5° inferiore, dopo avere "ceduto" calore al terreno.

Anche in questo caso la pompa di calore trasferisce il calore dal corpo più caldo (ambiente), a quello più freddo (terreno) operando l'inversione del ciclo rispetto alla modalità di funzionamento invernale. In uscita dalla pompa, l'acqua può raggiungere la temperatura necessaria per il raffrescamento con pannelli radianti (16-20°) o con i fancoil (7-12°).

Il raffrescamento attivo va abbinato alla deumidificazione degli ambienti

Il raffrescamento naturale (*natural cooling, free cooling* o *geocooling*) è una particolare applicazione, che permette un effetto di climatizzazione estiva semplicemente facendo circolare all'interno dei pannelli radianti l'acqua di ritorno dalle sonde geotermiche verticali.

E' necessaria la predisposizione specifica della pompa di calore. In questo caso il raffrescamento naturale va abbinato alla deumidificazione degli ambienti, in particolari condizioni.

Il natural cooling è il sistema di condizionamento più economico ed ecologico.

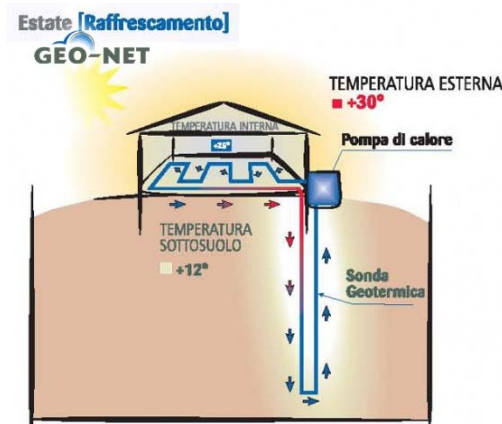


Figura 38

Produzione acqua calda sanitaria:

La pompa di calore geotermica può sfruttare il calore estratto dal terreno anche per la produzione dell'acqua sanitaria. In questo caso, essendo maggiore la temperatura dell'acqua da produrre l'efficienza della pompa tende ad abbassarsi leggermente. Anche per questo è opportuno valutare sempre la possibilità di produrre l'acqua calda sanitaria con un'altra fonte energetica pulita costituita dai pannelli solari, integrata con l'impianto geotermico.

ELEMENTI COSTITUENTI L'IMPIANTO

Pompa di calore elettrica

Il cuore di ogni impianto geotermico sia esso geotermico "tradizionale", ad acqua, con la palizzata geotermica o ad aria è la pompa di calore.

La pompa di calore (PDC) è un dispositivo che permette di trasformare il calore presente nel sottosuolo in energia termica utilizzabile per la climatizzazione degli edifici.

Con una minima quantità di energia elettrica, eleva queste temperature a disposizione (costanti tutto l'anno), aventi valori assoluti bassi, a quelle necessarie per qualunque tipo di utilizzo termoidraulico, all'occasione: per il riscaldamento, la produzione di acqua sanitaria, il raffrescamento o il condizionamento.

La pompa di calore basa il suo funzionamento su uno dei più importanti principi della fisica conosciuto come ciclo di Carnot, grande scienziato francese che già nel 1824 aveva scoperto la relazione diretta che esiste tra pressione e temperatura nei fluidi gassosi:

"Se comprimiamo un gas, generiamo, oltre all'aumento della pressione, anche l' aumento della sua temperatura"

L'utilizzo più diffuso e conosciuto è relativo al ciclo frigorifero, largamente utilizzato nelle applicazioni più comuni, dai condizionatori ai frigoriferi stessi, ma allo stesso modo, tramite il "ciclo inverso", passiamo dalla generazione di acqua fredda a quella di acqua calda.

Tutti conoscono la dinamica di un frigorifero domestico, che mantiene freschi gli alimenti estraendone il calore, il quale viene poi estromesso sotto forma di aria calda nella parte retrostante. Allo stesso modo, la pompa di calore estrae il calore dal sottosuolo tramite l'acqua che circola nelle sonde geotermiche e lo porta negli edifici tramite l'acqua degli impianti di riscaldamento.

Con la stessa pompa di calore, invertendo semplicemente questo processo, si possono raffrescare gli edifici sottraendone calore (sempre attraverso l'acqua presente negli impianti radianti) e dissipandolo nel sottosuolo attraverso le sonde geotermiche.

La PDC è costituita da 4 elementi fondamentali: evaporatore, compressore, condensatore, valvola di espansione.

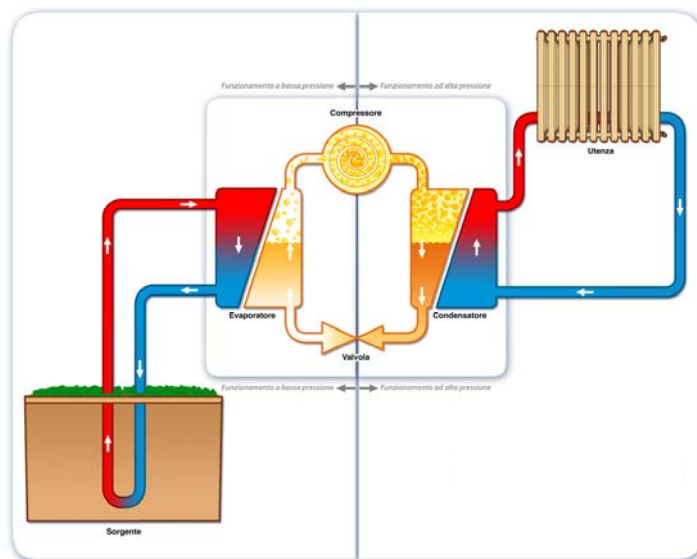


Figura 39

Di seguito analizziamo sinteticamente il ciclo di funzionamento, rappresentato nello schema.

Evaporatore

Nel circuito scorre un fluido di tipo frigorifero, normalmente R407 o R134 (esente da qualsiasi tossicità) che a pressione ambiente ha una temperatura di evaporazione molto bassa, anche fino a circa $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$.

L'energia termica presente nell'acqua glicolata che viene riscaldata dal terreno circolando nelle sonde geotermiche, nelle acque delle falde acquifere o nell'aria (anche se in misura minore), è sufficiente a innescare, nello scambiatore, l'evaporazione del fluido frigorifero.

Stiamo estraendo e valorizzando calore gratuito dalla nostra fonte rinnovabile.

Compressore

Raggiunta l'evaporazione, il fluido viene assorbito dal compressore, che normalmente è di tipo rotativo "scroll", e viene portato ad un livello di pressione superiore (massimo 25 bar): questa compressione determina un aumento della temperatura che può raggiungere anche 80° , e che potrà essere valorizzata nel riscaldamento o nel ricircolo di acqua sanitario dell'edificio.

Condensatore

Il condensatore svolge la seguente funzione: raffreddando il fluido (che ritorna in fase liquida), cede calore rendendolo utilizzabile dalle diverse utenze.

Valvola di espansione

Fornito il calore all'utenza non resta che riportare il fluido, ora diventato freddo, alla pressione iniziale.

La valvola di espansione (in realtà una serpentina con una adeguata perdita di carico) svolge questa funzione e il ciclo può ricominciare.

La resa di una pompa di calore è misurata dal coefficiente di prestazione, COP, dato dal rapporto tra energia resa (alla sorgente di interesse) ed energia consumata (nel nostro caso elettrica).

Un valore del COP pari, ad esempio, a 3 indica che per ogni kWh d'energia elettrica consumato, la pompa di calore renderà 3 kWh di calore.

In fase di raffreddamento la prestazione di una pompa di calore è descritta dall'EER (*energy efficiency ratio*) o dall'SEER (*seasonal energy efficiency ratio*), migliori quanto più elevati.

La pompa di calore è solitamente più efficiente nel riscaldamento che nel raffreddamento, dato che la macchina spreca sempre una parte di energia elettrica in calore e questa può essere recuperata come calore di riscaldamento.

Le pompe di calore geotermiche funzionanti con circuito chiuso hanno un COP tra 3,1 e 4,9, mentre EER tra 2,9 e 4,5.

Nel progetto in questione è necessaria l'installazione di una pompa di calore con una potenza di almeno 171,2 kW termici pari alla potenza di picco richiesta dall'edificio, risultante dai calcoli per la certificazione energetica.

Si è scelto di installare per ogni edificio n°1 pompa di calore Geonovis Serie DS 5240 (geotermica-acqua) avente le seguenti caratteristiche:

Compressore a stantuffo o compressore a viti

SW di regolazione microcomputer WPCU

Involucro fonoassorbente

Pronto per il collegamento

Gamma di potenza: 57 - 231 kW

Superficie riscaldabile: fino a 6600 mq

Accessori opzionali:

Tecnologia della sorgente di calore

Accumulatore

Fluido termovettore

Bollitore acqua



Sonde geotermiche verticali

Il sistema di "prelevare" il calore geotermico tramite perforazioni verticali è il più diffuso.

Mediante le perforazioni arrivano ad una profondità di circa 100 metri, con un diametro di circa 15 cm.

In questi fori, con l'aiuto di contrappesi, vengono calate le sonde geotermiche, composte da 2 o 4 tubi con conformazione a U che scendono e risalgono in unico circuito: se la sonda è unica partono e arrivano direttamente alla PDC, se sono più di una si raggruppano in superficie ad un collettore, collegato poi alla PDC.

Il foro viene poi riempito e sigillato con cementi bentonitici, che hanno la peculiarità di saturare gli spazi e creare la miglior conducibilità tra il fluido delle sonde e il terreno circostante e impediscono la comunicazione tra eventuali falde acquifere attraversate dalla perforazione.

Qualunque tipo di sonda geotermica è di fatto uno scambiatore termico ad anello chiuso, in cui il fluido (acqua glicolata) scorrendo si riscalda, anche se il calore in questo caso si riferisce a temperature relativamente basse.

In funzione della potenza della pompa di calore necessaria all'edificio da climatizzare, si dimensioneranno la lunghezza dello scambiatore geotermico e di conseguenza la lunghezza e il numero delle sonde, variabile in relazione alle caratteristiche geologiche del terreno.

La sonda verticale è il tipo di collettore geotermico più costoso, perché a circa 100 m di profondità la temperatura è stabile intorno ai 10°C tutto l'anno, non subendo le variazioni stagionali che invece influiscono a profondità di pochi metri, dove ad esempio si installano le sonde orizzontali.

Da questo ottimale scambio termico consegue una migliore efficienza della PDC sia nella funzione riscaldamento che in quella del raffrescamento, che per questa ragione normalmente può essere di tipo passivo.

Un altro importante vantaggio di questa soluzione è lo spazio minimo richiesto, e di conseguenza occupato, dal campo sonde.

Nel caso di un'unica sonda la perforazione può essere eseguita in qualunque punto, limitrofo o anche sottostante l'edificio stesso; lo stesso vale nel caso di più sonde (la distanza necessaria tra le stesse è di circa 6 metri). Dopo l'esecuzione delle operazioni di posa delle sonde, il terreno viene risistemato senza lasciare traccia o limiti al suo utilizzo.

L'unico limite di questa applicazione è il maggior costo di installazione dell'impianto, dovuto agli interventi di perforazione eseguiti con macchinari specifici. Questa differenza economica iniziale va intesa come un reale investimento, rapportato alla durata dell'impianto e dell'edificio e ai concreti risparmi sui costi d'esercizio.

Dimensionamento sonde

Sulla base della potenza termica massima richiesta dall'edificio pari a 171,2 kW sono state dimensionate le sonde, tenendo conto della resa COP della pompa di calore, considerata in modo precauzionale pari a 3.

Sulla base di questi dati, secondo lo schema seguente è stato possibile determinare la potenza Q_C che le sole sonde devono fornire:

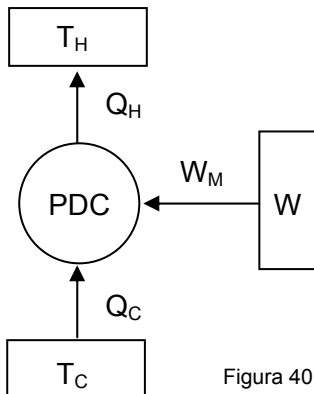


Figura 40

$$COP_{PDC} = Q_H / W = Q_H / (Q_H - Q_C)$$

dalla quale si ottiene:

$$Q_C = Q_H - (Q_H / COP_{PDC})$$

$$Q_C = 171,2kW - (171,2kW / 3) = \underline{114,13kW}$$

E' stato inoltre necessario determinare la potenza specifica assorbita dalle sonde in base alle caratteristiche del terreno nell'area di progetto, secondo la seguente tabella:

Caratteristiche del suolo	Potenza assorbita specifica (W/m)
Sedimento asciutto	25 W/m
Sedimento saturo d'acqua	60 W/m
Valore medio	50 W/m
Argilla umida	35-50 W/m
Calcere	55-70 W/m
Granito	65-85 W/m

Tabella 64

E' stata adottata come potenza specifica assorbita dalle sonde il valore medio pari a 50 W/m.

Successivamente si è scelto di utilizzare delle sonde a doppia U in polietilene, che consentono la continuità d'esercizio in caso di occlusione di un ramo e presentano minori diametri dei tubi con conseguente maggiore scambio termico, andando ad aumentare lo stesso fino a circa 70 W/m.

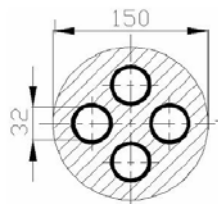


Figura 41

Si è quindi ottenuto:

$$Q_C = 114,13kW \rightarrow 114.130W$$

$$\text{Lunghezza totale sonde} = 114.130W / 70W/m = 1630,5m$$

Ottenendo 14 sonde con una profondità di perforazione di 115,00m

Il collegamento tra le sonde e la pompa di calore è stato effettuato mediante l'utilizzo di 2 collettori, ognuno dei quali raggruppa le andate e i ritorni di 7 sonde geotermiche. Da ogni collettore partono due tubazioni principali, un andata e un ritorno, mettendo in collegamento il collettore con la pompa di calore. Di seguito sono riportati gli elaborati rappresentanti in ordine il locale tecnico e il sistema delle sonde geotermiche:

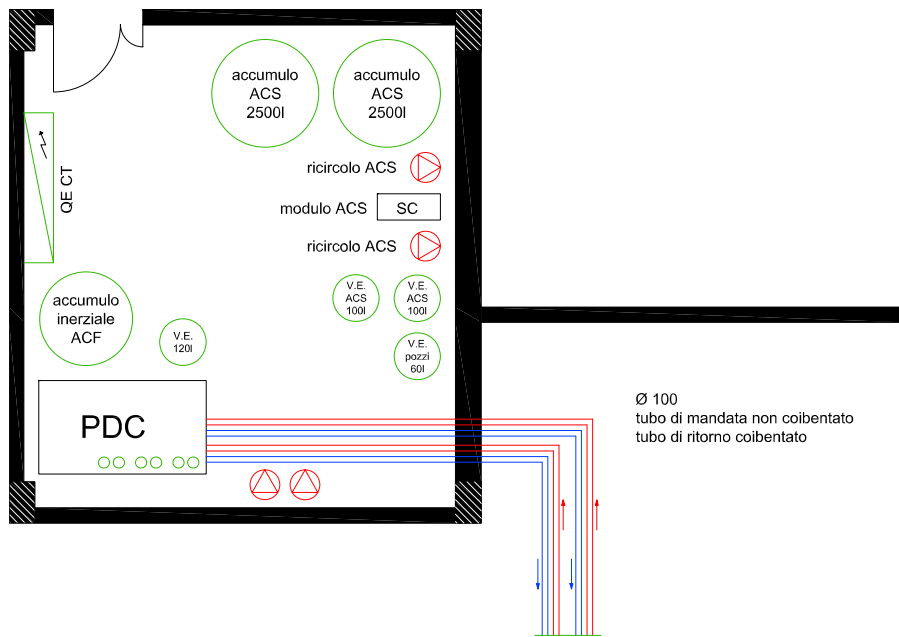


Figura 42

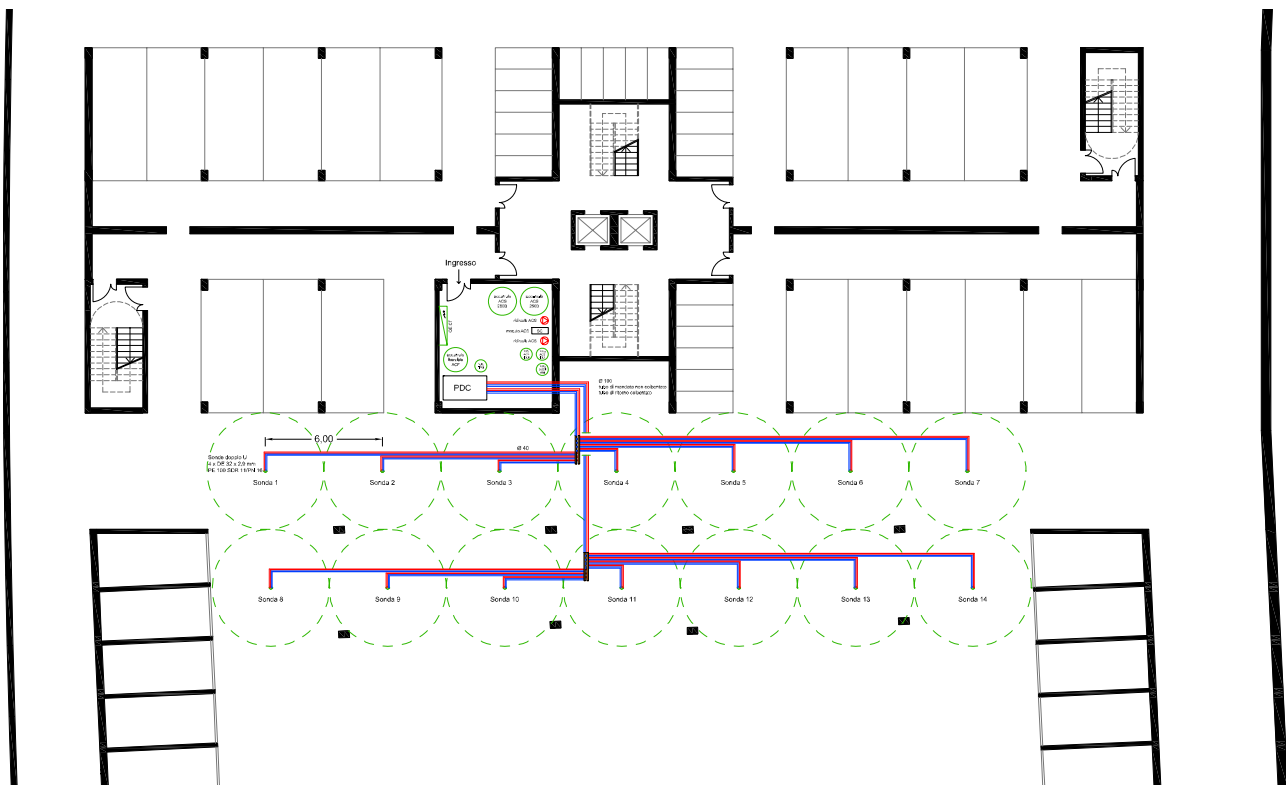


Figura 43

VANTAGGI DELL'IMPIANTO GEOTERMICO

I vantaggi dell'utilizzo di un impianto geotermico si possono differenziare in vantaggi tecnici ed economici ed in vantaggi per l'ambiente.

I vantaggi tecnici ed economici sono:

- Indipendenza da oscillazioni di prezzo e disponibilità delle fonti fossili tradizionali.
- Generazione di riscaldamento e raffreddamento, oltre che acqua sanitaria, con lo stesso impianto, per 24 ore al giorno, tutto l'anno.
- Ridotto spazio per l'installazione e non richiede ambienti dedicati, locali caldaia, né canne fumarie.
- Mancanza di necessità di approvvigionamenti programmati, né serbatoi o depositi; mancanza di allacciamento con la rete del gas.
- Minima manutenzione se non addirittura inesistente, rispetto a quella richiesta da caldaie o centrali termiche.
- Utilizzazione anche nelle ristrutturazioni e con impianti di distribuzione tradizionali, per esempio a termosifoni (con minore efficienza ma consentendo comunque un risparmio certo sui futuri consumi).
- Garanzia di funzionalità di 20/30 anni per le PDC geotermiche e oltre 50 anni per le sonde geotermiche.
- Risparmio dei costi di esercizio rispetto ai sistemi tradizionali dal 40% fino al 70%.
- Molteplici campi di applicazione, dall'edilizia industriale agli edifici residenziali.

I vantaggi per l'ambiente sono:

- Mancanza di emissione di CO₂ nel processo, non essendoci combustione
- Assenza di rischi di esplosioni, incendi, fuoriuscite di monossido di carbonio, pericolosi stoccaggi, non essendo previsto l'utilizzo di alcun tipo di combustibile fossile.
- Mancanza di emissioni di polveri sottili.
- Utilizzo esclusivo di gas refrigeranti certificati, che non danneggiano l'ozono.
- Silenziosità dell'impianto.
- Assenza di installazioni visibili all'esterno degli edifici (es. gruppi frigoriferi), e quindi molto adatto anche a ristrutturazioni di pregio.
- Riduzione degli elevati consumi energetici dei condizionatori, grazie alla temperatura ottimale garantita nella stagione calda dalla funzione di raffrescamento.
- Apporto molto contenuto di energia elettrica e perfettamente integrabile con altri sistemi ad energia rinnovabile (solare FV, solare termico). L'abbinamento con un adeguato impianto fotovoltaico, inoltre, rende l'edificio totalmente autonomo dal punto di vista energetico, oltre che assolutamente eco-compatibile.

SISTEMA DI DISTRIBUZIONE ED IMMISSIONE

Dalla centrale termica, ove è situato il sistema di produzione con la pompa di calore, mediante l'utilizzo di tubi in polietilene è stato possibile andare ad alimentare i vari collettori distribuiti sui vari piani dell'edificio, sia per le zone comuni, che per le zone abitative.

A tal fine sono stati predisposti dei cavedi tecnici di risalita, con misura 15 x 80 cm, posti ad interasse di 3 metri l'uno dall'altro, nella misura di un cavedio tecnico per ogni pilastro.

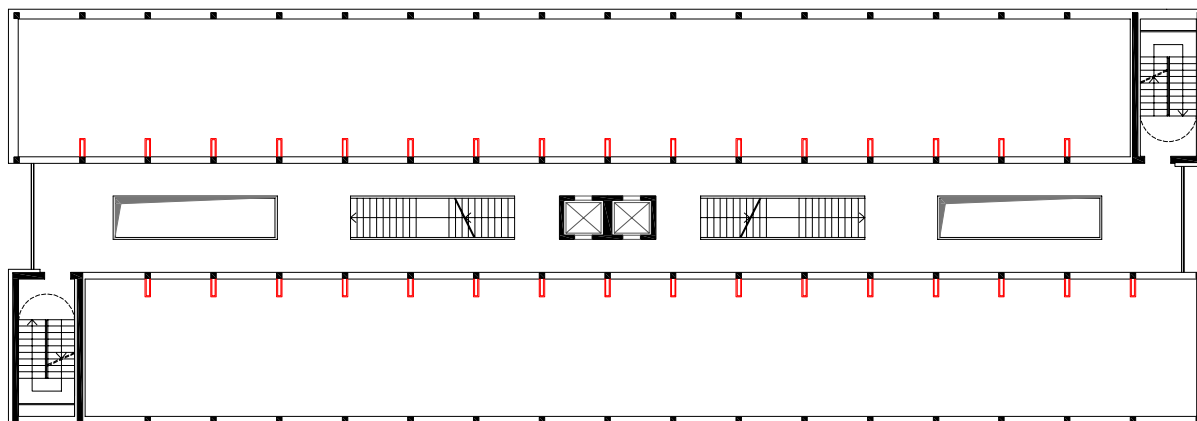


Figura 44

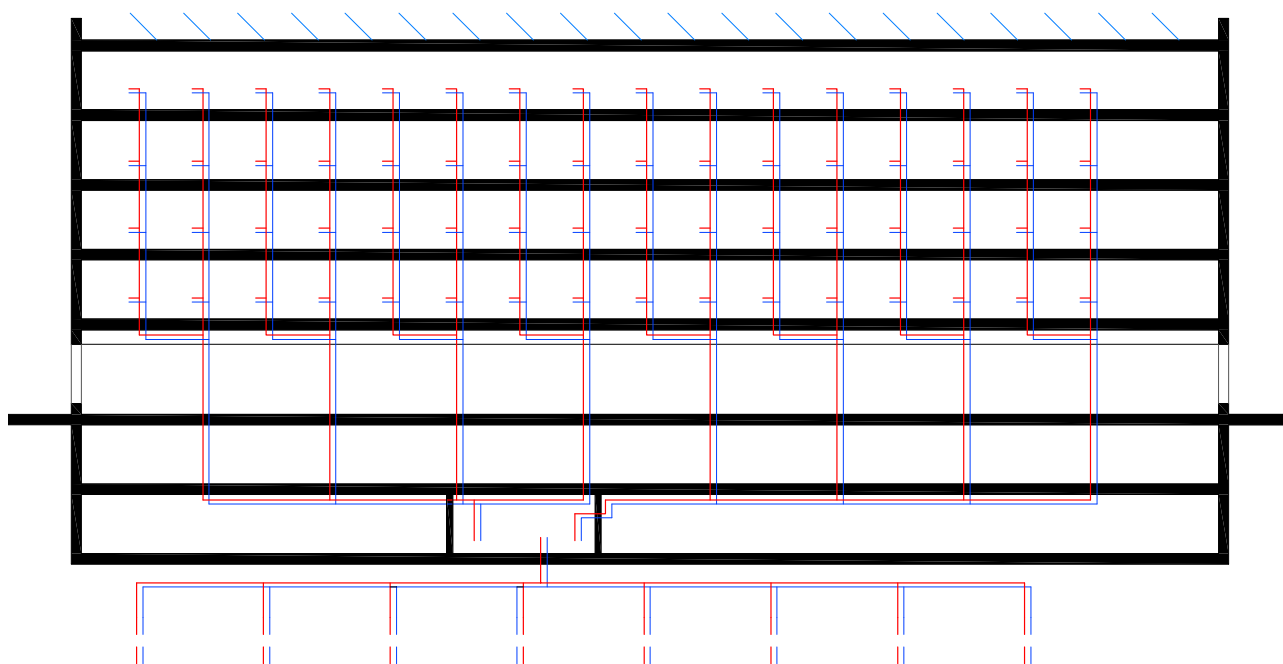


Figura 45

Sulla base della tecnologia termica impiegata si è scelto di utilizzare come elementi scaldanti all'interno dell'edificio i pannelli radianti a pavimento, che funzionando con acqua a bassa temperatura (40-45°C, avendo la pompa di calore), ben si sposano con l'impianto geotermico.

Ogni singola cellula abitativa risulta avere un proprio collettore, con la possibilità di poter controllare la temperatura interna all'ambiente mediante un termostato individuale. Così come per le cellule abitative anche i locali ad uso collettivo saranno dotati di singoli termostati, al fine di poter controllare temperature diverse secondo le varie esigenze. Per quanto riguarda i ballatoi comuni verranno installati per ogni piano vari collettori di distribuzione.

Il passo delle serpentine in un impianto a pannelli radianti richiede un'elaborata procedura di calcolo, che tiene conto di vari fattori, come la potenza termica richiesta, per unità di superficie, dall'ambiente, le resistenze termiche sotto pannello e del pavimento, la temperatura di mandata, il salto termico del fluido scaldante, temperatura superficiale del pavimento.

Il passo delle serpentine rappresentato nei successivi elaborati è indicativo ed è pari a 10 cm. Per sopperire all'esigenza di maggior temperatura nei bagni, rispetto al resto degli alloggi, si è adottata la riduzione del passo della serpentina a 5cm, in modo da ottenere una resa termica maggiore. È altresì possibile disporre la serpentina su tutta la superficie del bagno, ad esclusione dello spazio del piatto doccia, grazie all'installazione di sanitari sospesi, che garantiscono anche una migliore qualità igienica.

L'impianto verrà realizzato secondo lo schema seguente:

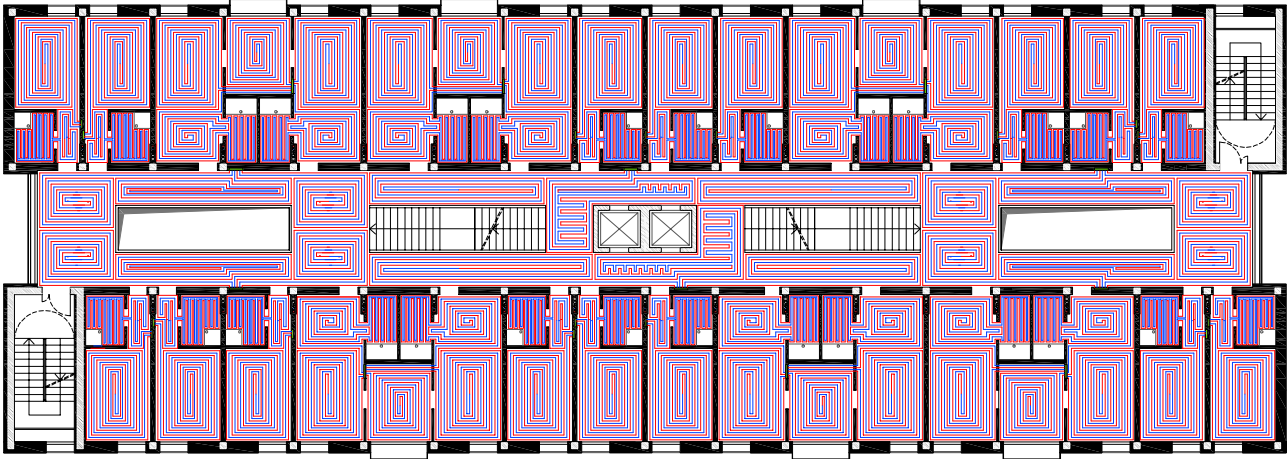


Figura 46

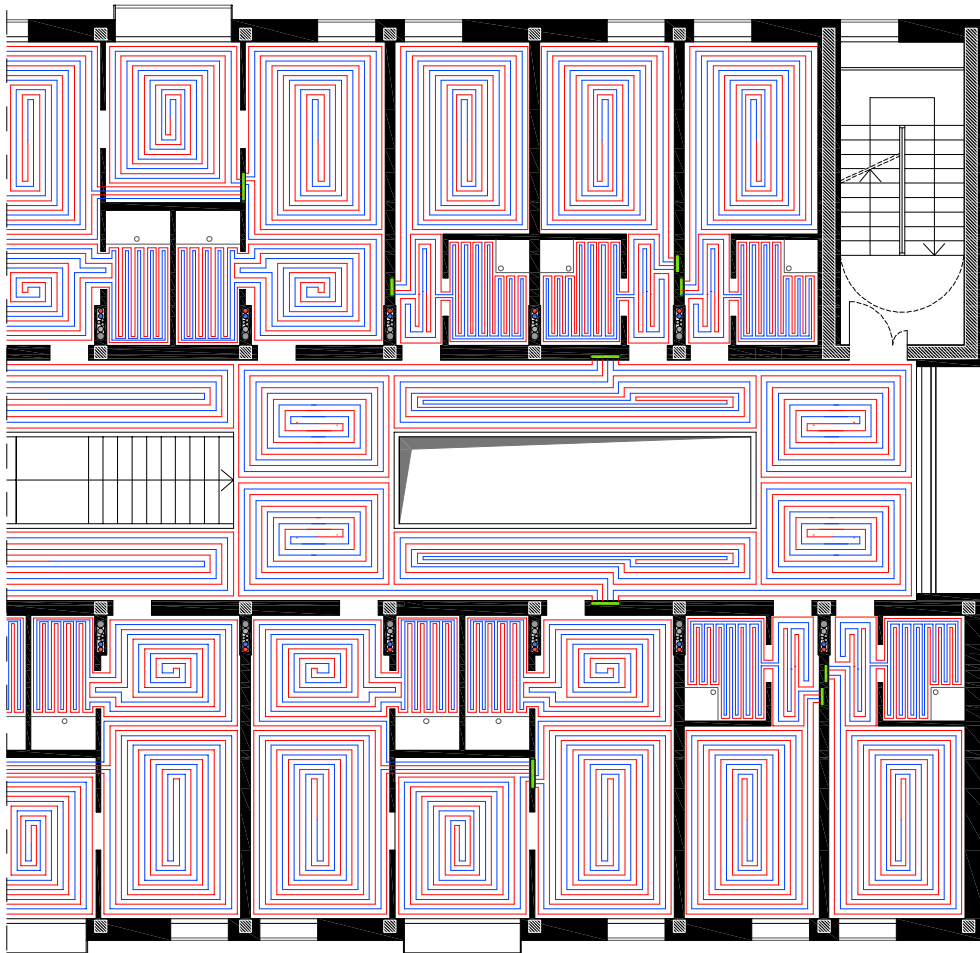


Figura 47

DEUMIDIFICAZIONE

Unitamente all'utilizzo dell'impianto geotermico per la gestione del raffrescamento estivo, preferibilmente in modalità free cooling, è stato necessario prevedere per ogni ambiente una macchina deumidificatrice, al fine di abbassare, unitamente alla temperatura, anche l'umidità assoluta dell'aria, al fine di evitare l'insorgere di spiacevoli condizioni come la condensazione del vapore acqueo con conseguente formazione di muffe.

A tale scopo si è deciso di installare una macchina per cellula abitativa e per ogni ambiente collettivo, in modo da azionare ogni singola macchina in maniera indipendente dalle altre secondo le condizioni climatiche interne, esattamente coincidente con la gestione separata di ogni ambiente con singoli termostati.

È stato utilizzato un deumidificatore da controsoffitto isotermico dotato di batterie di pre- e post-riscaldamento della marca TecnoKlima modello KS-2400, particolarmente indicato per impianti di condizionamento a pavimento o a parete.

CARATTERISTICHE DEUMIDIFICATORE		
MODELLO		KS-2400
Potenza nom. Media assorbita (a 25°C, 60% U.R.) con acqua a 16°C	W	400
Massima potenza assorbita (a 32°C, 95% U.R.) con acqua a 20°C	W	460
Max corrente assorbita (a 32°C, 95% U.R.) F.L.A.	A	3.00
Corrente di spunto F.L.A.	A	20.00
Portata d'aria (con filtro pulito) contropressione 30 Pa (a 40Pa 280 mc/h)	mc/h	320
Livello pressione sonora Lps (a 3m in campo libero)	db(A)	38
Refrigerante R134a	g	360
Controllo dello sbrinamento standard	elettronico	
Attacchi acqua IN/OUT	3/8"	
Attacco sulla macchina per scarico condensa (tubo di gomma) diam.	mm	16
Campo di funzionamento (temperatura)	°C	10-32
Campo di funzionamento (umidità relativa)	%	45-98
Capacità di condensazione nominale (30°C - 80%)	l/g	34
Peso con cassero esclusa griglia	kg	34
Dimensioni LxHxP	mm	803x290x662
Portata d'acqua di raffreddamento (temp. ingresso 15°C)	l/h	180
Perdita di carico acqua di raffreddamento	kPa	12

Tabella 65



Figura 48

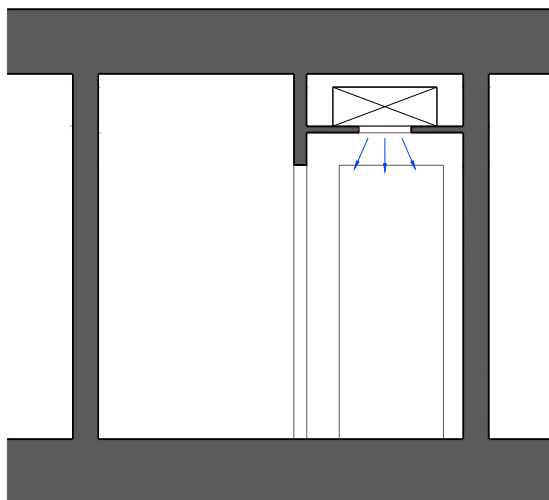


Figura 49

PANNELLI FOTOVOLTAICI

L'elevato grado di efficienza della pompa di calore scelta fa sì che la percentuale di energia elettrica per il funzionamento del sistema non superi il 25% del totale dell'energia necessaria all'edificio. A livello ecologico ed etico, gli impianti geotermici risultano essere quindi i più virtuosi, perché utilizzano energia rinnovabile in percentuali molto elevate (circa il 75%).

Con il solare fotovoltaico è possibile per chiunque produrre in autonomia l'energia elettrica necessaria alle esigenze del proprio edificio o della propria attività, grazie alle tecnologie largamente disponibili ed ai finanziamenti che anche in Italia incentivano questi investimenti.

Si è deciso quindi di installare, unitamente all'impianto geotermico, anche l'impianto fotovoltaico in modo tale da produrre parte dell'energia necessaria per rendere gli edifici il quanto più autonomi possibile, a livello energetico, ed ecocompatibili, in quanto alimentati in alta percentuale da energia rinnovabile.

Si è quindi proceduto al calcolo della potenza prodotta dai pannelli fotovoltaici installati.

I pannelli installati sono dell' Helios Technology, modello H9A-245M, ed hanno le seguenti caratteristiche:

CARATTERISTICHE PANNELLO FOTOVOLTAICO		
CARATTERISTICHE ELETTRICHE		
MODULO		H9A245M
Potenza del modulo (Pmax)	Wp	245
Tensione di massima potenza (Vpmax)	V	31,75
Corrente di massima potenza (Ipmax)	A	7,71
Tensione a circuito aperto (Voc)	V	37,77
Corrente di cortocircuito (Isc)	A	8,44
Efficienza modulo	%	15
Efficienza celle	%	16,8
Fill factor	%	76,9
Tensione massima di sistema	VDC	1000
Tolleranza sui valori di potenza	W	0/+5
CARATTERISTICHE OPERATIVE		
Coefficiente di temperatura Isc (α)	+0,04% / °C	
Coefficiente di temperatura Voc (β)	-0,38% / °C	
Coefficiente di temperatura Pmax (γ)	-0,52% / °C	
NOCT (Nominal Operating Cell Temperature)	46°C	
Temperatura di esercizio	da -40°C a +85°C	
Carico massimo superficiale	550 kg/m ²	
Interasse fissaggio certificato lato corto	da 500 a 750 mm	
Interasse fissaggio certificato lato lungo	da 800 a 941 mm	
Resistenza impatto alla grandine	Ø25 mm a 83 Km/h	
CARATTERISTICHE FISICHE		
CON MODULO	CON CORNICE	
Lunghezza	1650 ± 1 mm	
Larghezza	990 ± 1 mm	
Spessore	38 mm	
Peso	18,7 kg	
Vetro frontale	Vetro a basso contenuto di Fe da 3,2 mm	
Incapsulante	EVA (Etilene-Vinil Acetato)	
Backsheet	Multistrato a base di poliestere	
Cornice	Al anodizzato 6060 T5 - 15 µm	
Scatola di giunzione	Tyco® o Compel®, IP65, con 3 diodi di by-pass	
Cavi di collegamento, sezione	1,2 m con due connettori Tyco® o Compel®, 4 mm ²	
CELLE C6BA		
Tecnologia	Silicio monocristallino a 3 bus bar full square	
Dimensioni	156x156 mm	
Quantità	60 (6x10)	

Tabella 66



Figura 50

Considerando la superficie del solaio di copertura a disposizione e le dimensioni 165x99cm di un singolo pannello fotovoltaico è stato determinato il numero totale di pannelli installabili, che risultano essere pari a 95.

La potenza totale di picco prodotta dall'intero sistema risulta essere pari a:

$$A_{TOT} = n^{\circ}95 * (1,65m * 0,99m) = 155,18m^2$$

$$P_{max} = A_{TOT} * \eta_m = 155,18m^2 * 0,15 = 23,5kWp$$

COLLETTORI SOLARI

La pompa di calore geotermica può sfruttare il calore estratto dal terreno anche per la produzione dell'acqua sanitaria. Per questo funzionamento si va a ridurre quella che è la resa e l'efficienza della pompa di calore, che si trova a dover far fronte interamente sia alla produzione di calore per il riscaldamento, sia alla produzione di acqua calda sanitaria. Al fine di incrementare il rendimento del sistema si è scelto di integrare l'impianto geotermico con un'altra fonte energetica pulita costituita dai collettori solari.

Si è quindi proceduto al calcolo della potenza prodotta dai collettori solari installati, e di conseguenza la quantità massima giornaliera di acqua riscaldata.

L'acqua viene riscaldata tramite l'utilizzo di collettori solari della PowerSolarSystem modello SPB 58/1800 20:

CARATTERISTICHE COLLETTORE SOLARE		
MODELLO		SPB 58/1800 20
Superficie captante	m ²	2,98
Diametro Lunghezza Tubi S	mm	58/1800
Peso	Kg	65
Potenza termica	KJ/K	43,71
quantità tubi	n°	20
Colore Manifold	-	Alluminio nero
Portata Litri / Temperatura	l/h - °C	175/60
Apparato fotosensibile	tubi sottovuoto SupernTrifire ad altissima efficienza borosilicati al tinox con 3 strati; assorbimento a 360°	
Manifold interno	rame a pressione 6 bar max	
Manifold esterno	alluminio	
Materiale coibentazione Manifold	lana di vetro/lana di roccia	
Resa termica Rt	kWh/m ² a	525
Certificazione	certificazione Internazionale EN 12975 - 2	
Materiale di sostegno	alluminio, staffe incluse a 45°	

Tabella 67



Figura 51

Considerando la superficie del solaio di copertura a disposizione e le dimensioni 180x165cm di un singolo collettore solare è stato determinato il numero totale di pannelli installabili, che risultano essere pari a 51.

La potenza totale prodotta dall'intero sistema risulta essere pari a:

$$A_{TOT} = n^{\circ}51 * (1,80m * 1,65m) = 151,47m^2$$

$$Q = (A * Rt) / 365g = (151,47m^2 * 525 kWh/m^2a) / 365g = 217,87kW$$

Considerando la temperatura dell'acqua proveniente dall'acquedotto pari a 15°C si può calcolare il quantitativo G di acqua calda accumulata, con livello di temperatura di 55°C:

$$G = Q / (c_s * (T_u - T_a)) = 217870W / ((1,163W/l) * (55°C - 15°C)) = 4685 \text{ litri}$$

La quantità totale di acqua calda sanitaria necessaria è stata quantificata considerando un consumo medio giornaliero di 60 litri per utente, per un totale di 122 utenti.

$$G_{TOT} = 122 * 60 = 7320 \text{ litri/giorno}$$

Di questa quantità 4685 litri vengono prodotti tramite i collettori solari, mentre la restante parte, pari a 2635 litri, vengono prodotti con l'impianto geotermico, con una carico di produzione rispettivamente pari al 65% e 35%.

Per l'accumulo dell'acqua calda verranno installati n°2 serbatoi da 2500 litri.

L'impianto complessivo per la produzione di acqua calda, impianto geotermico più impianto solare termico, può essere schematizzato attraverso la seguente immagine:

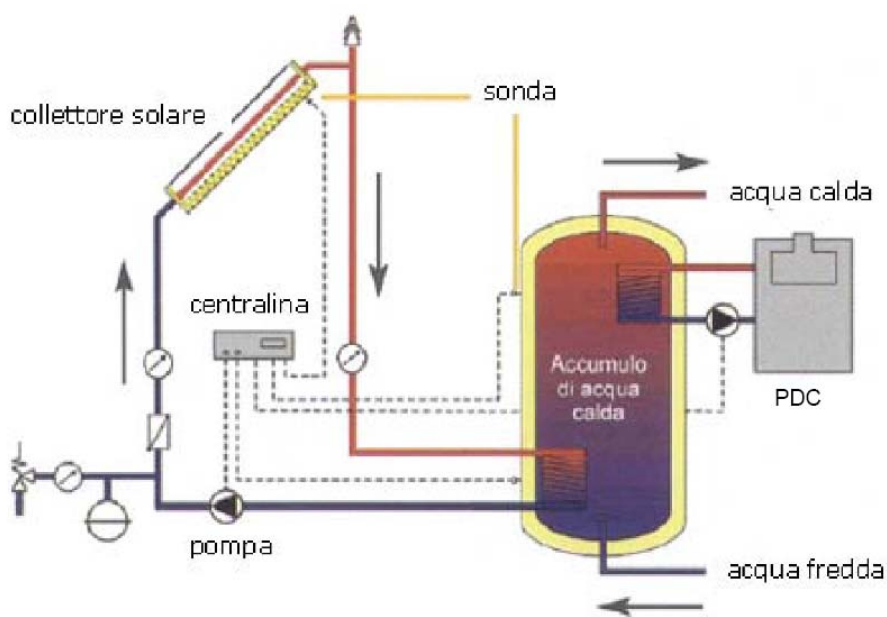


Figura 52

Gli impianti fotovoltaico e solare termico sono installate sulle terrazze poste all'ultimo piano dell'edificio, secondo la rappresentazione seguente (in rosso i collettori solari, in blu i pannelli fotovoltaici):

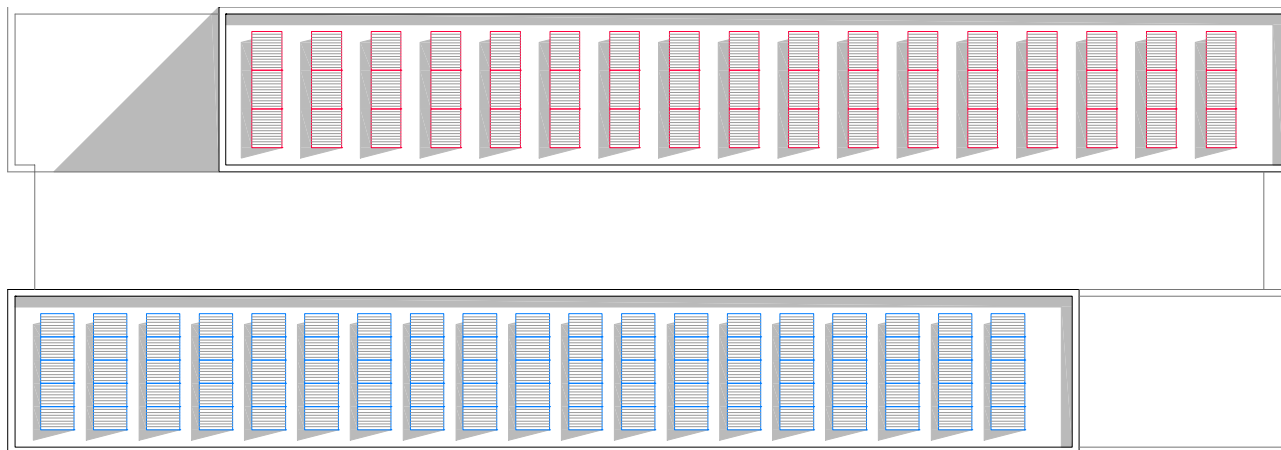
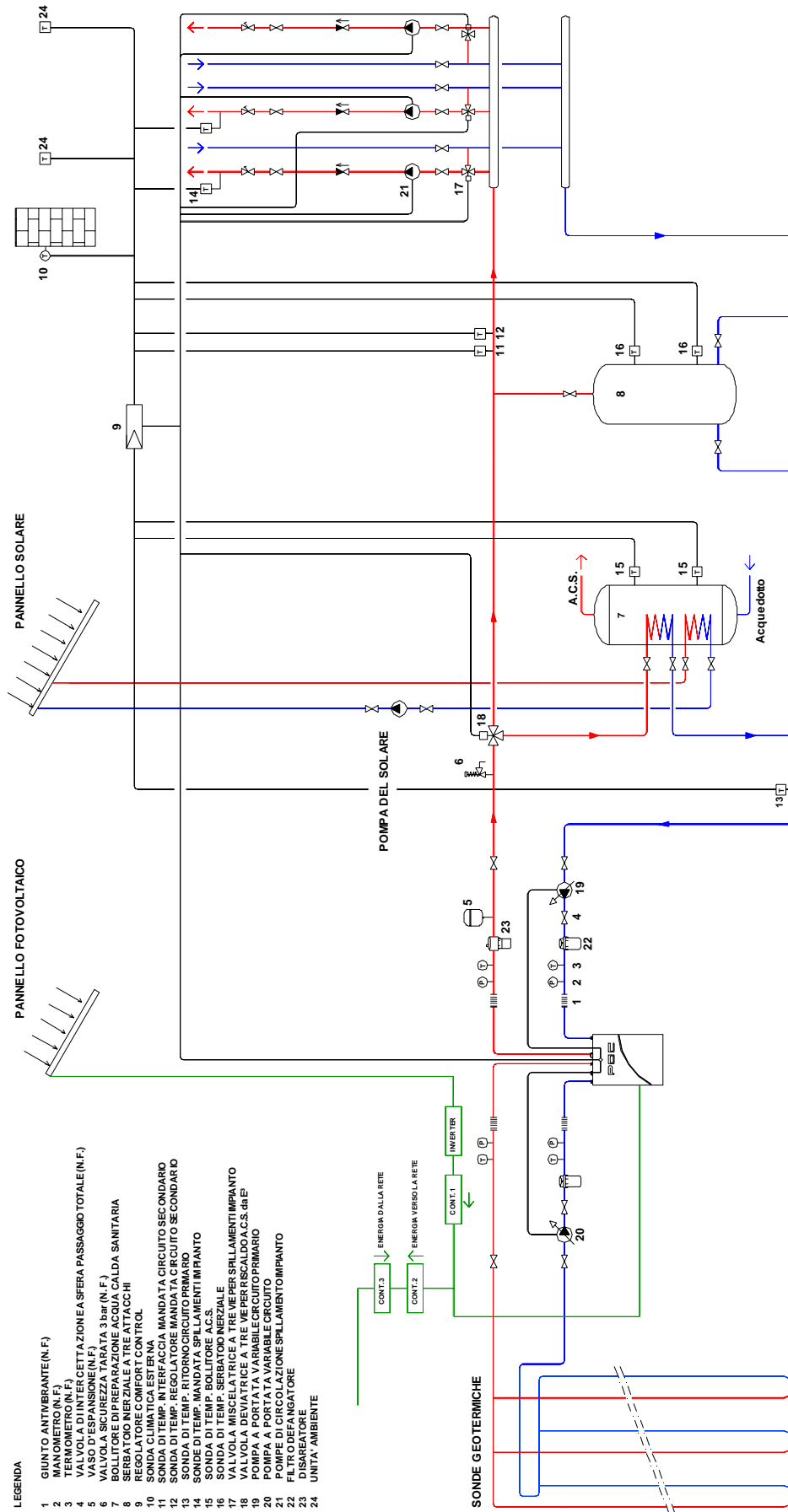


Figura 53

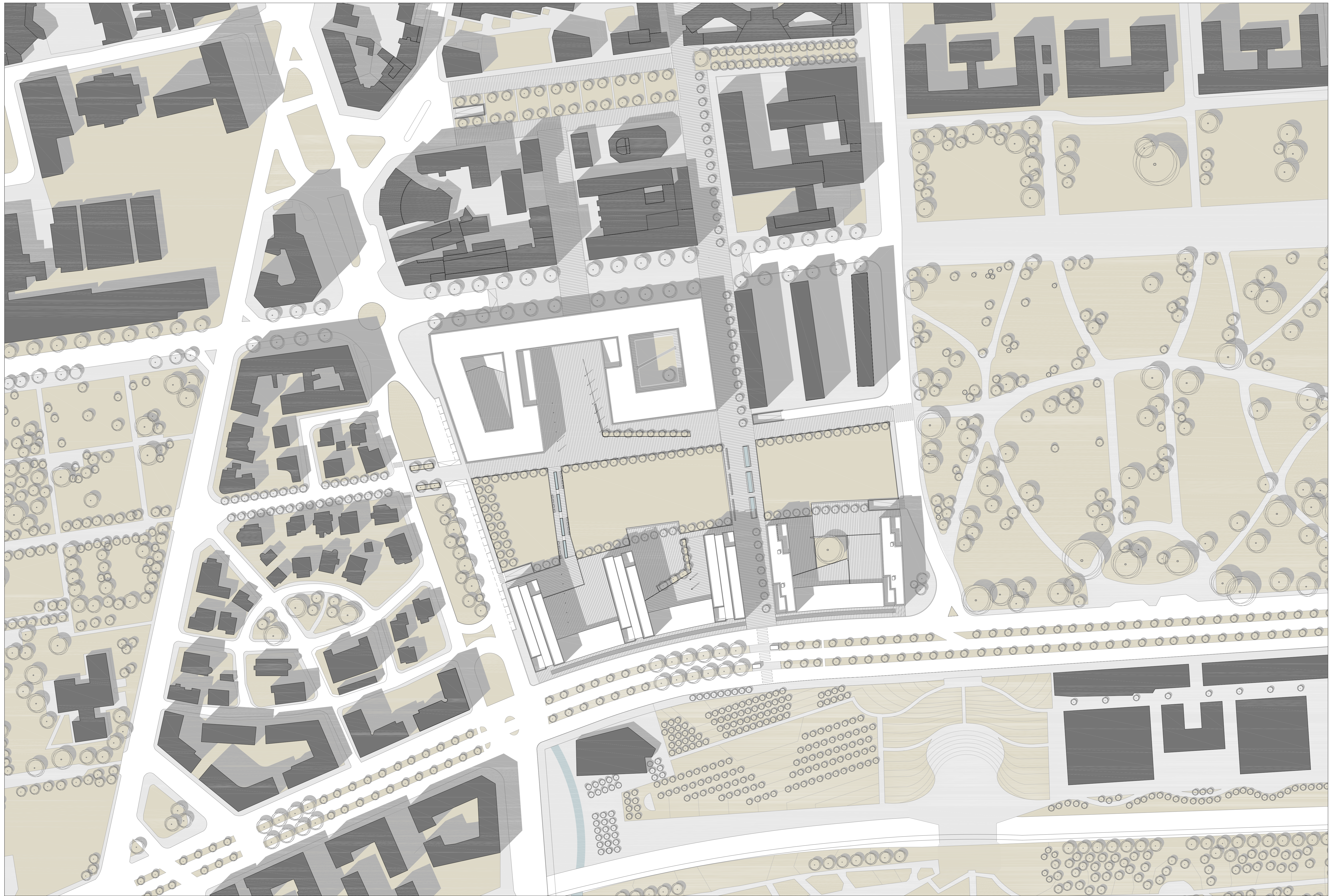
SCHEMA GENERALE DELL'IMPIANTO (figura 54)

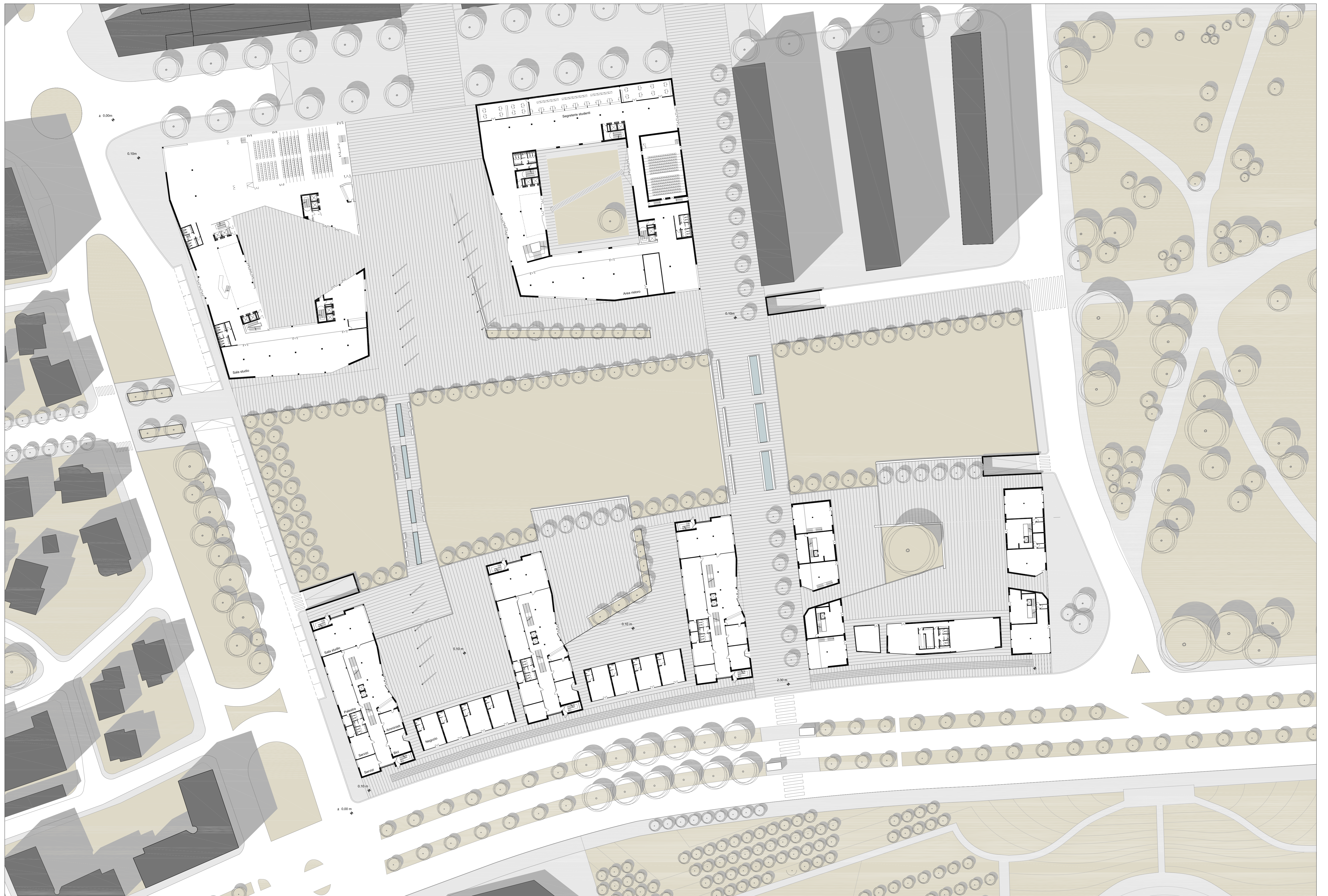


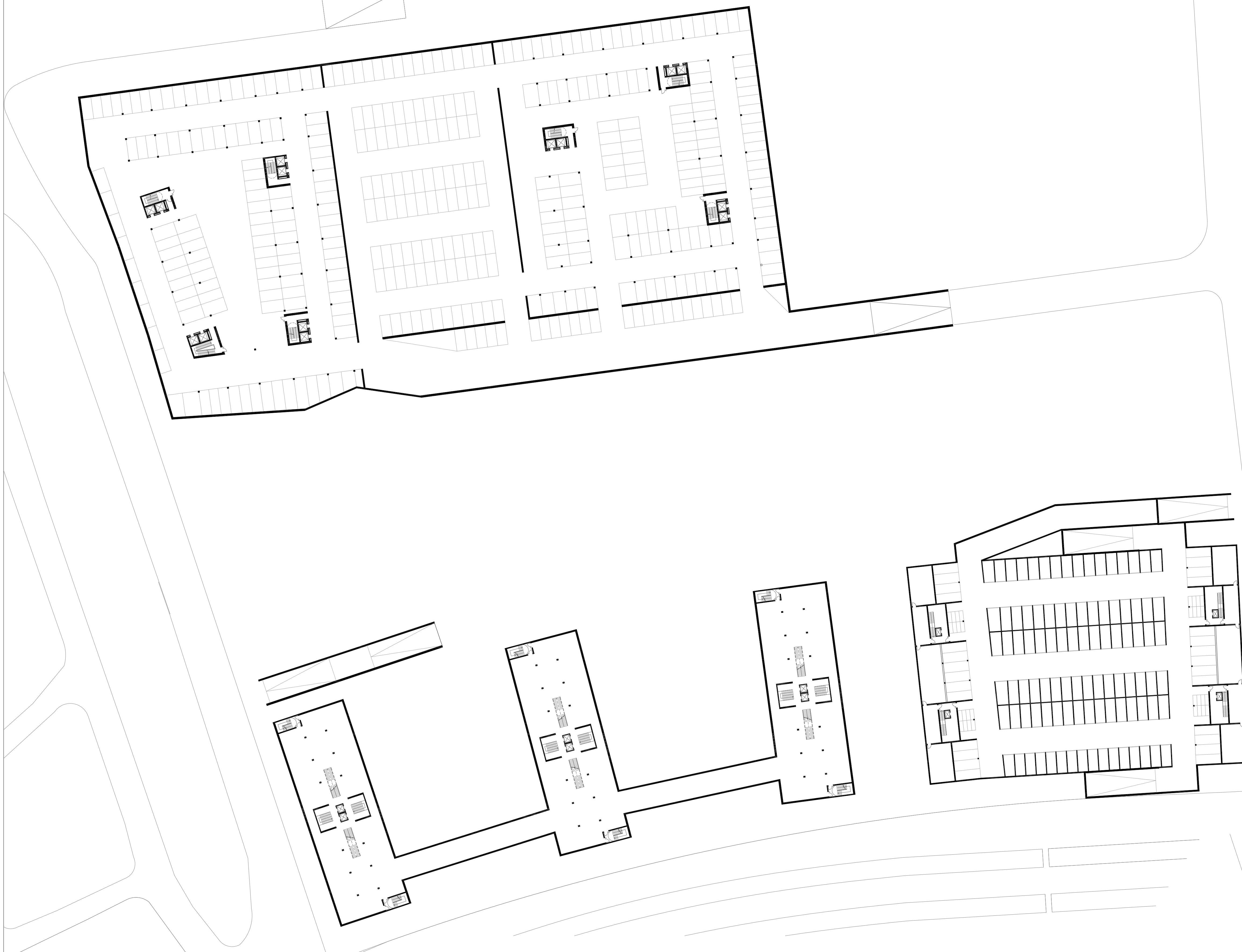
FONTI

- www.emiliobattisti.com/studio/eventi/paesaggio/index.htm
- www.unibocconi.it
- www.maps.google.it
- UNI TS 11300-1:2008
- UNI EN ISO 10077-1:2007
- UNI EN 13363-1:2008
- UNI EN 12831-1:2008
- www.ipcc.ch
- www.aspoitalia.net
- www.pac.ch
- www.geo-net.it
- www.geonovis.com
- www.tecnoklima.it
- www.heliotechnology.com
- www.powersolarsystem.it

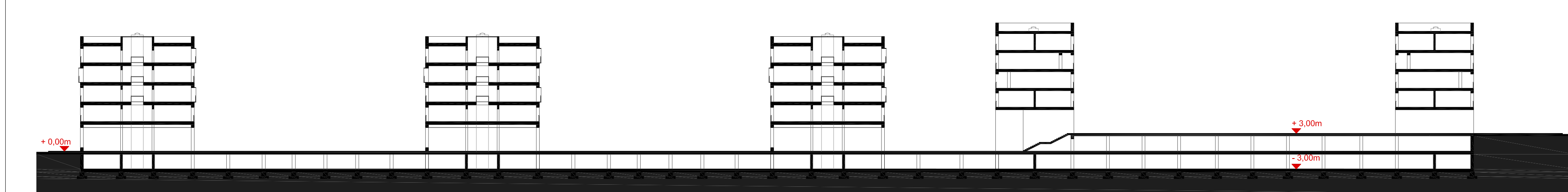




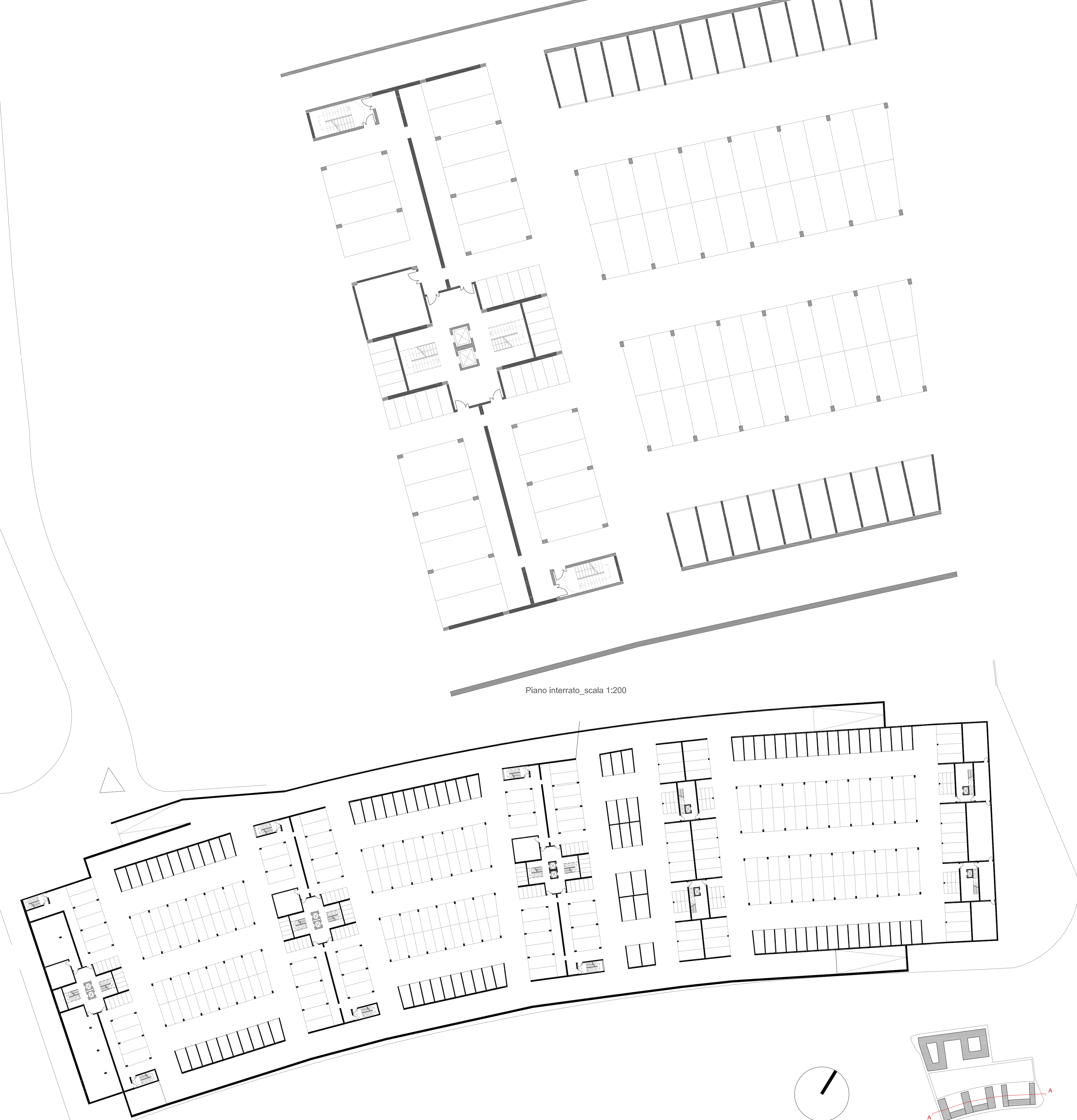




Piano interrato quota -3,30m _scala 1:500

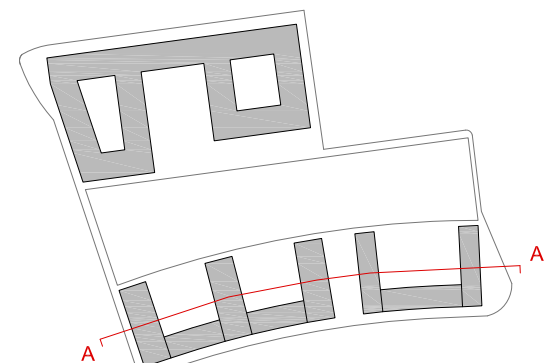
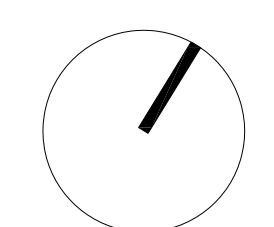


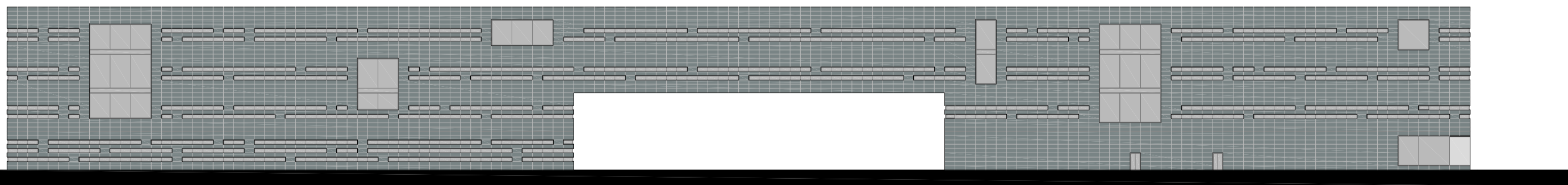
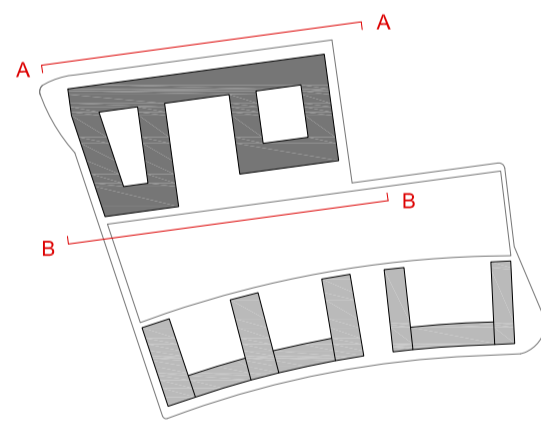
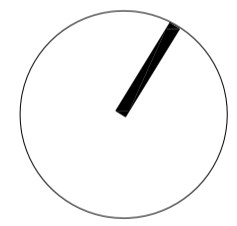
Sezione A-A _scala 1:500



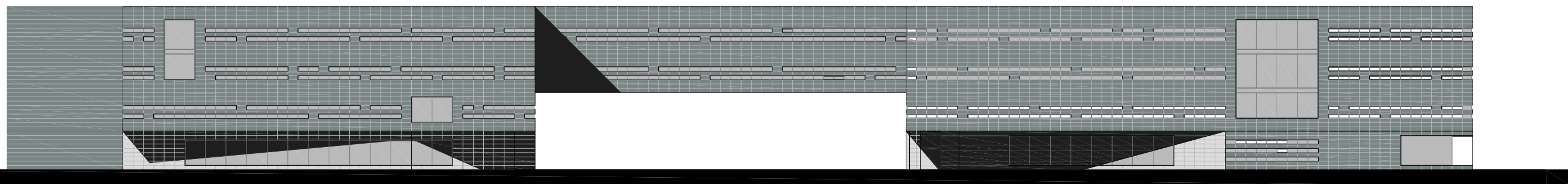
Piano interrato _scala 1:200

Piano interrato quota -6,60m _scala 1:500

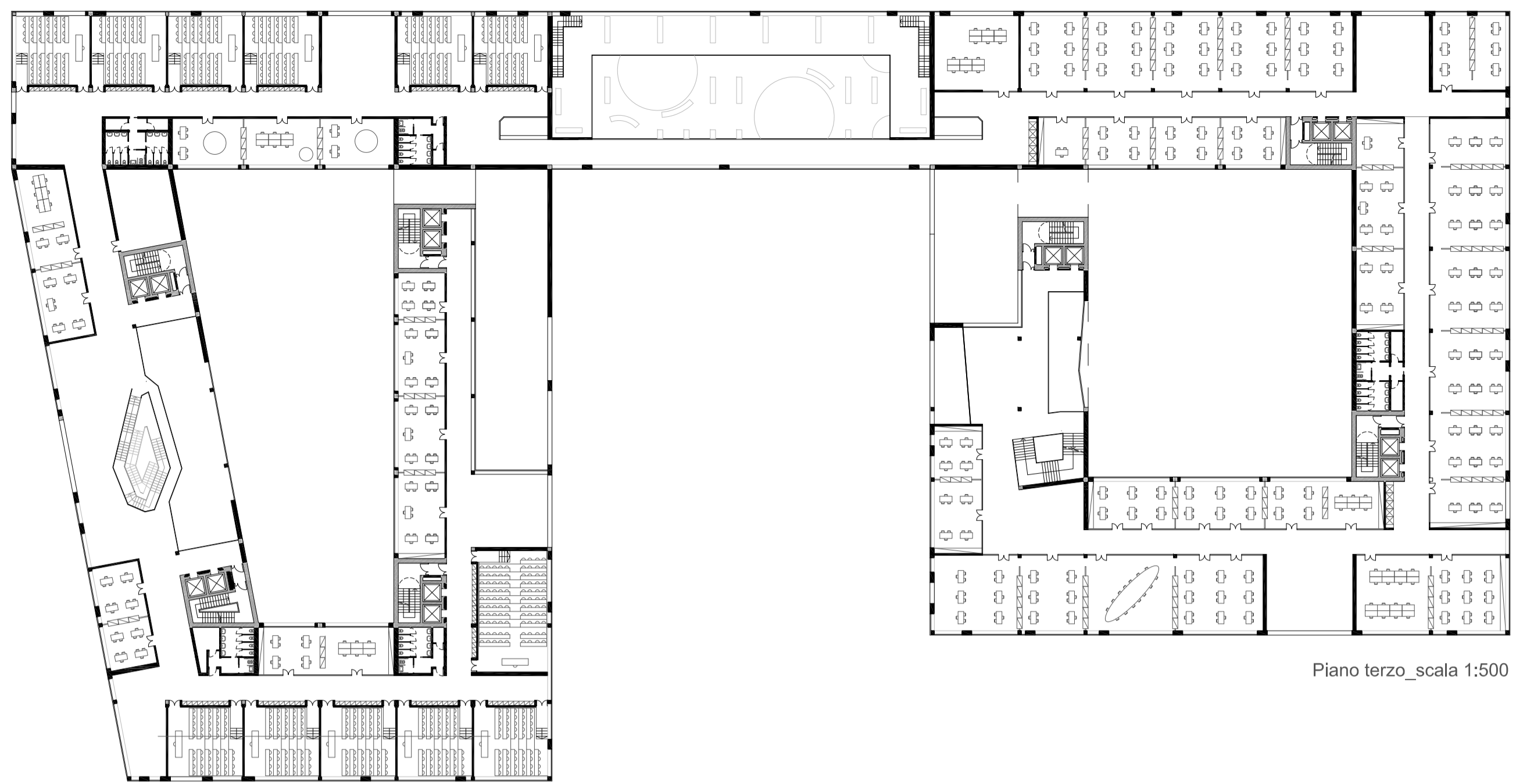




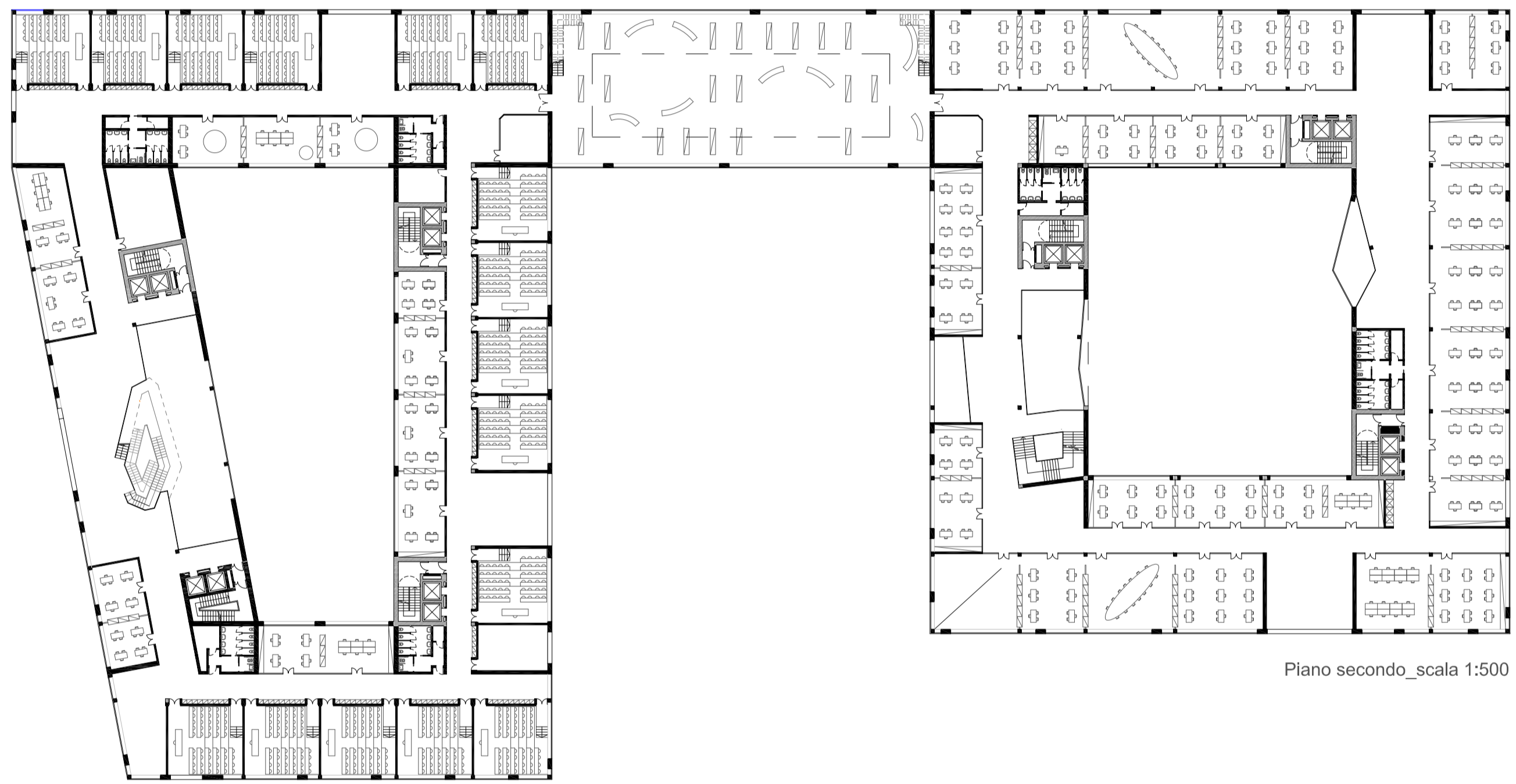
Sezione A-A scala 1:500



Sezione B-B scala 1:500



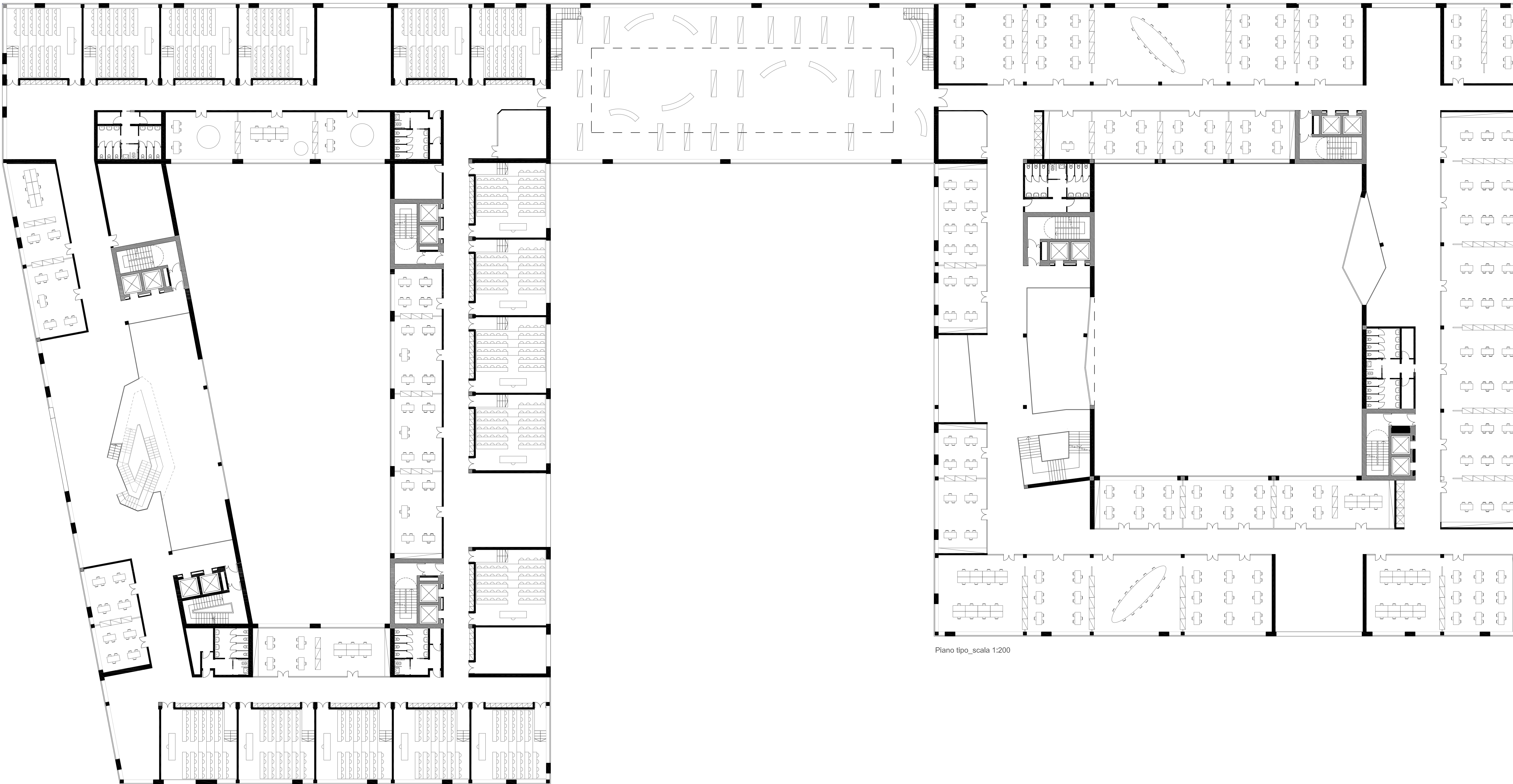
Piano terzo scala 1:500



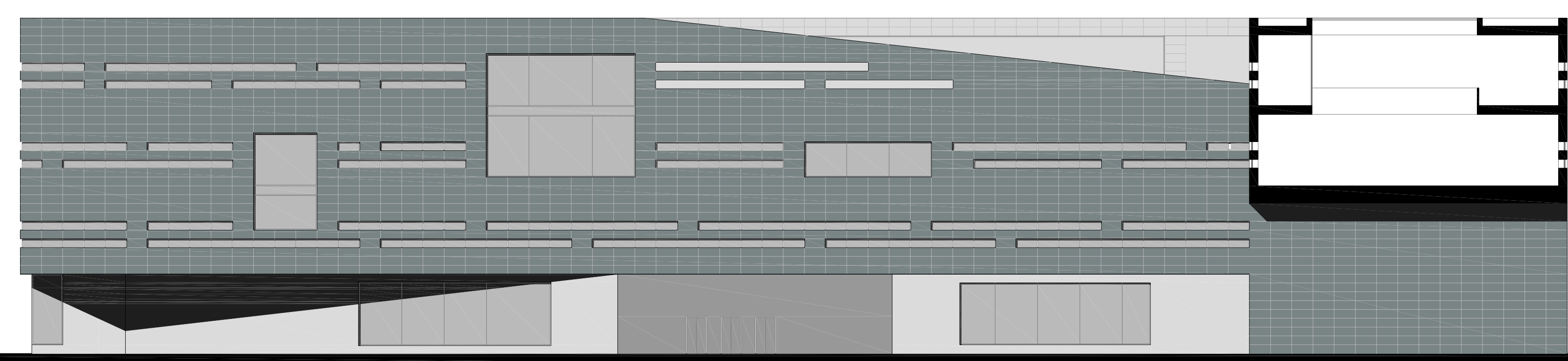
Piano secondo scala 1:500



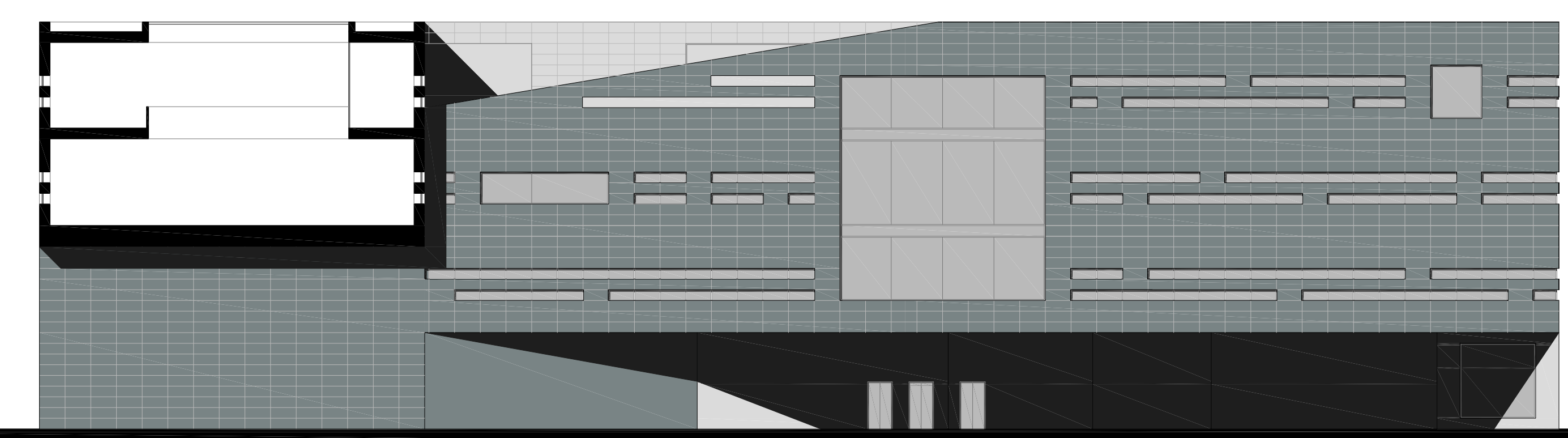
Piano primo scala 1:500



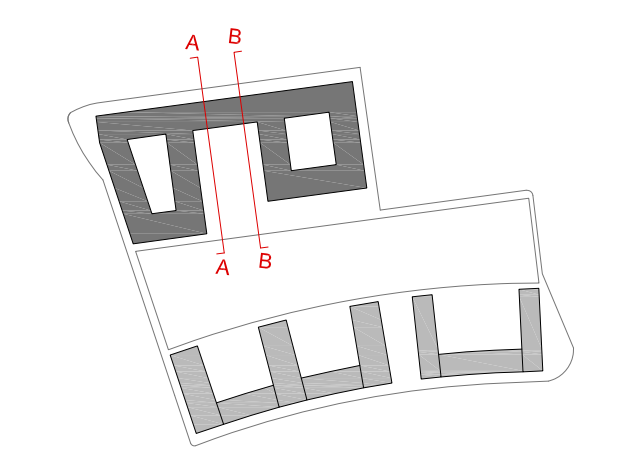
Piano tipo_scala 1:200

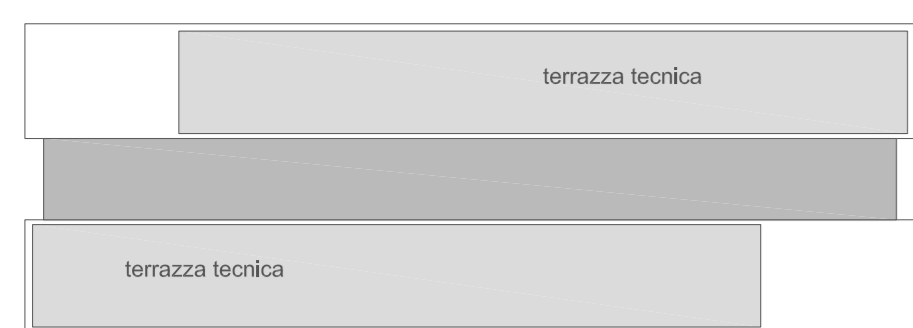


Sezione A-A_scala 1:200

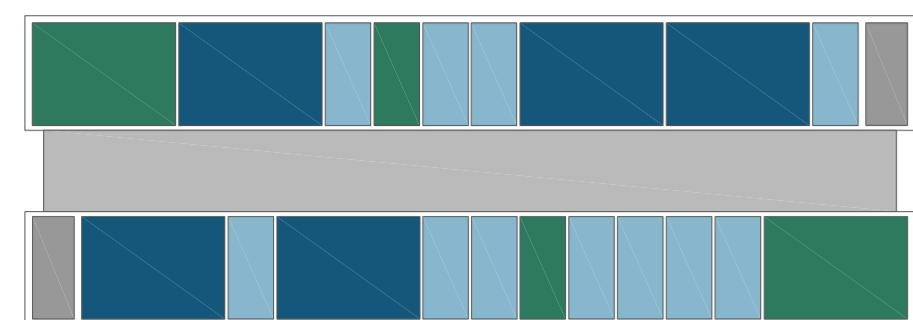


Sezione B-B_scala 1:200

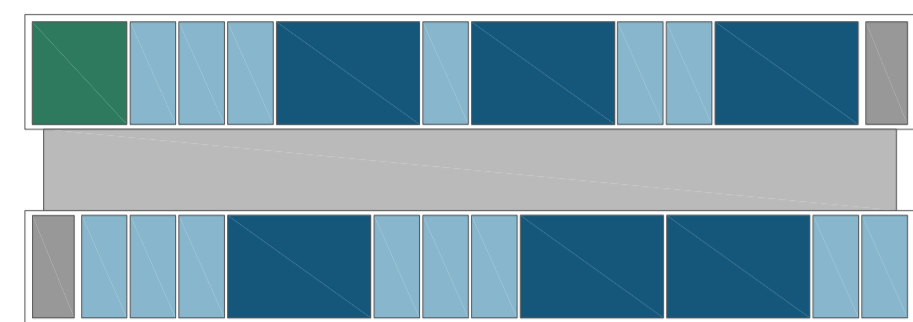




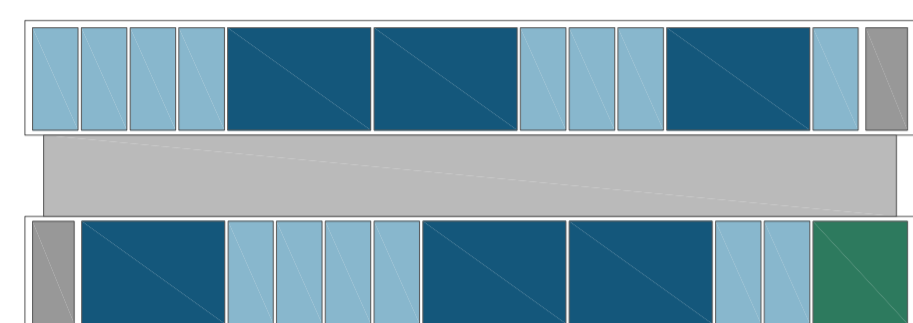
Piano copertura_1:500



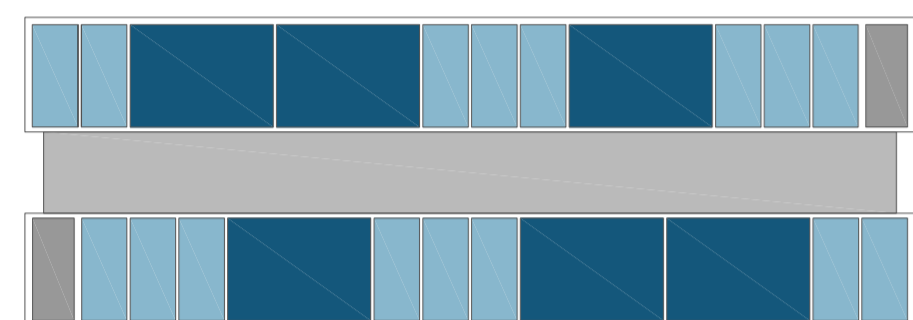
Piano quarto_1:500



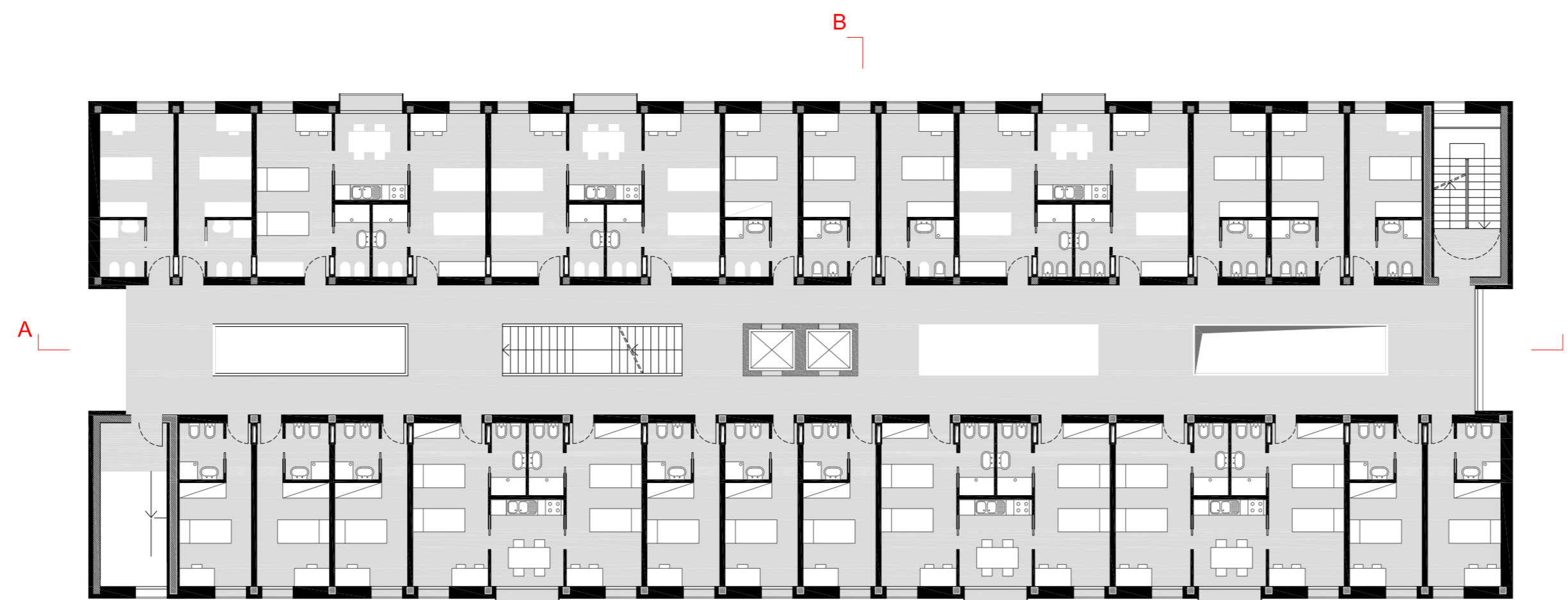
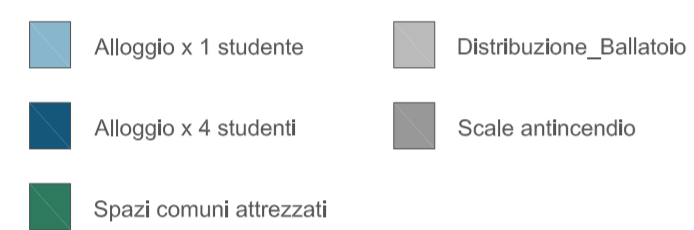
Piano terzo_1:500



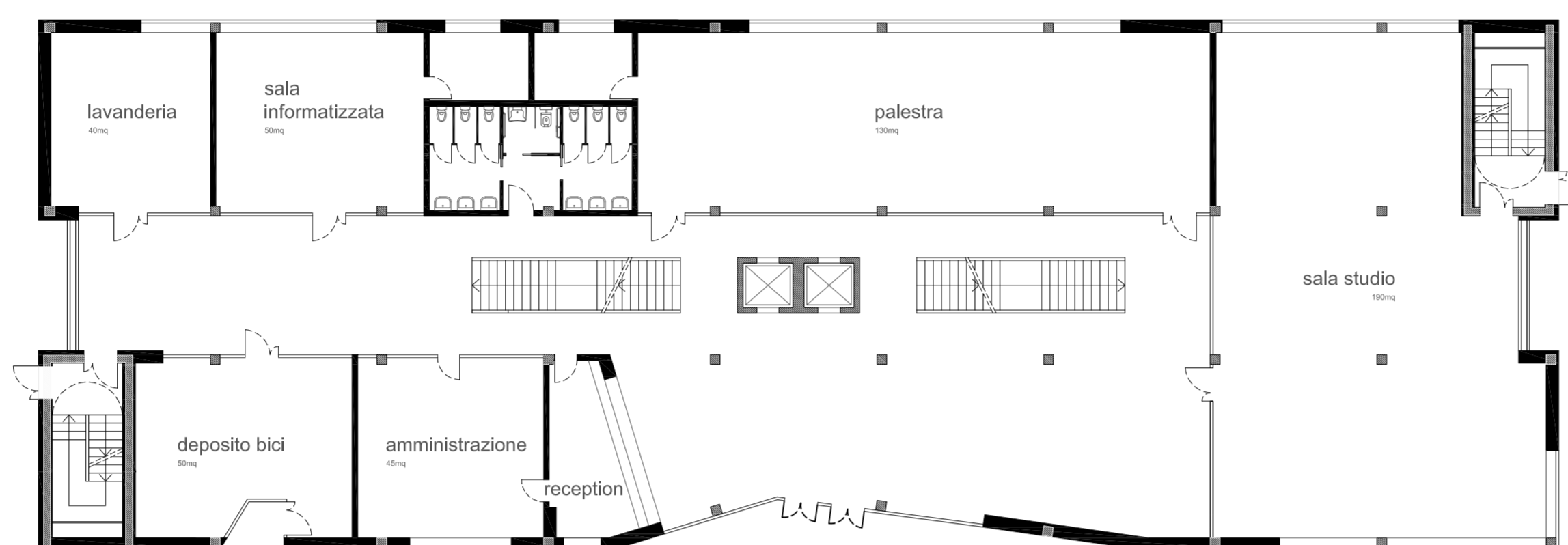
Piano secondo_1:500



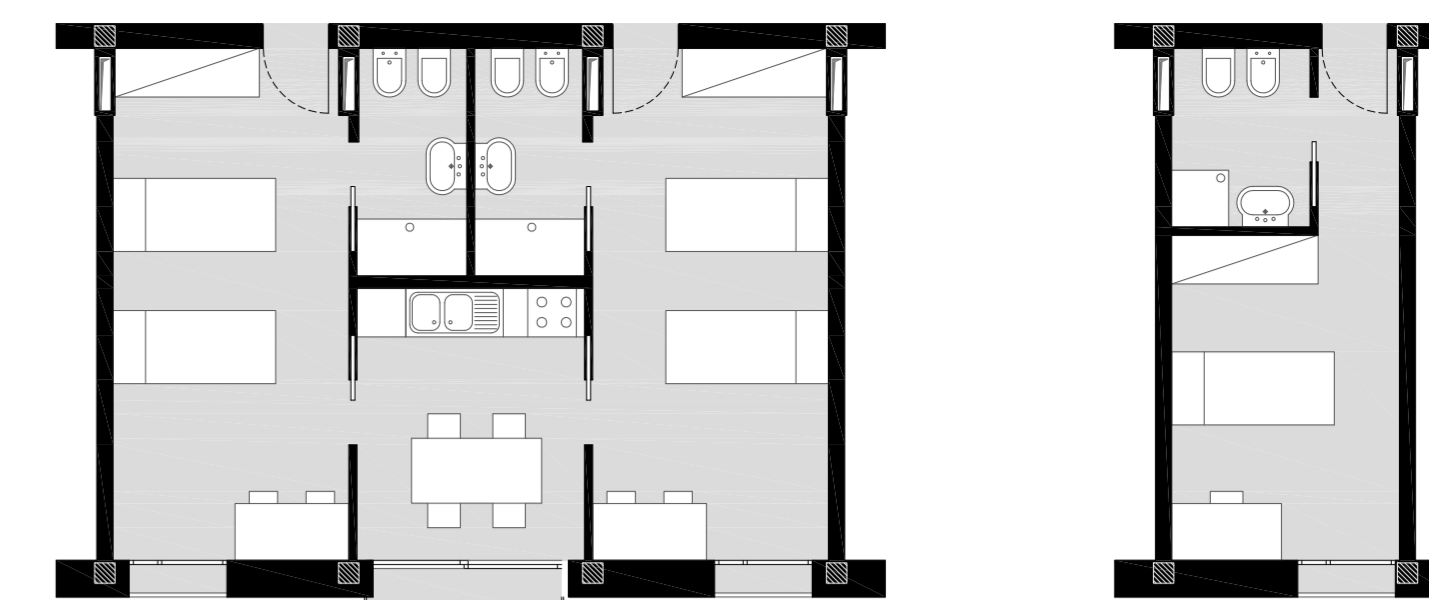
Piano primo_1:500



Piano tipo_scala 1:200



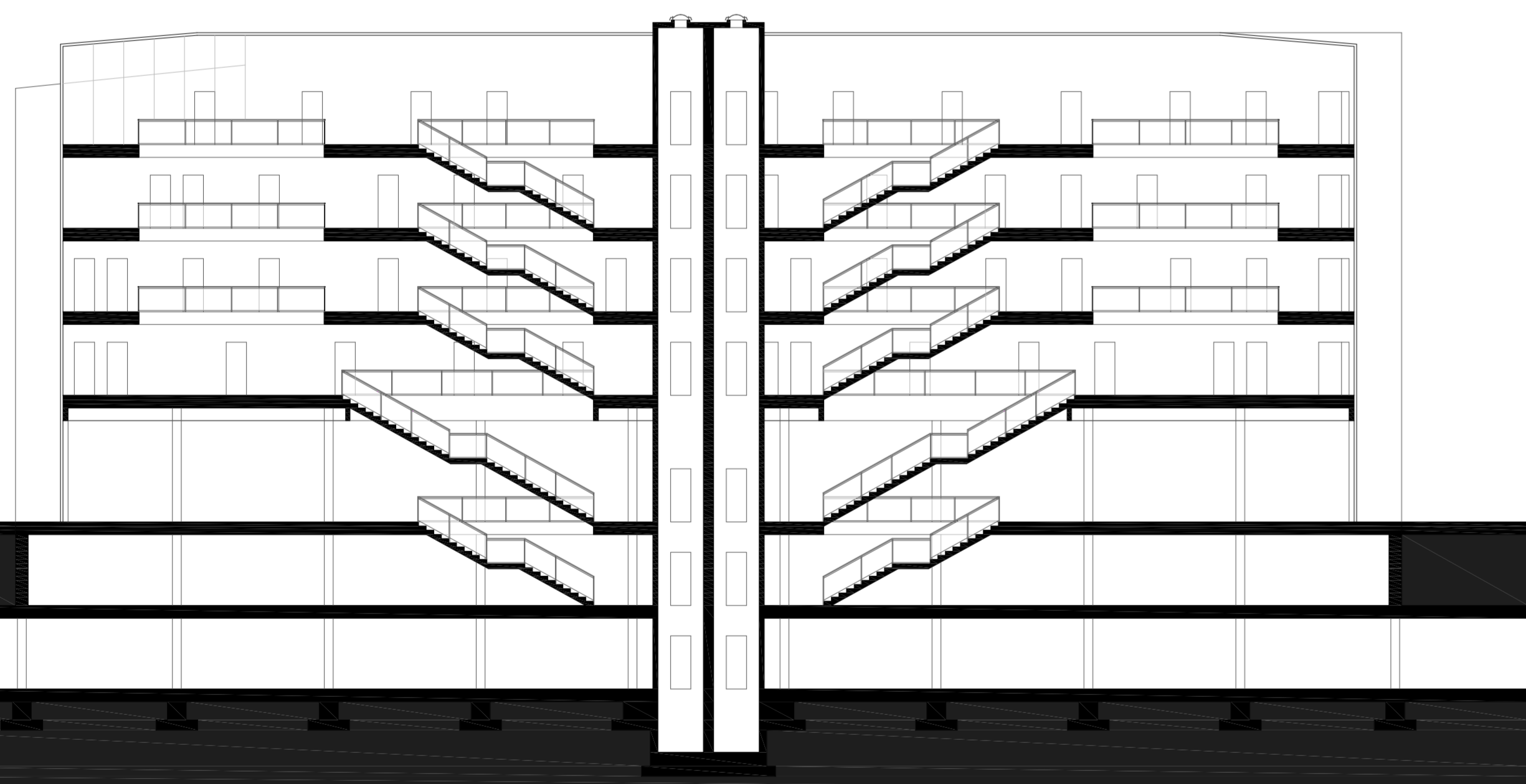
Piano terra_scala 1:200



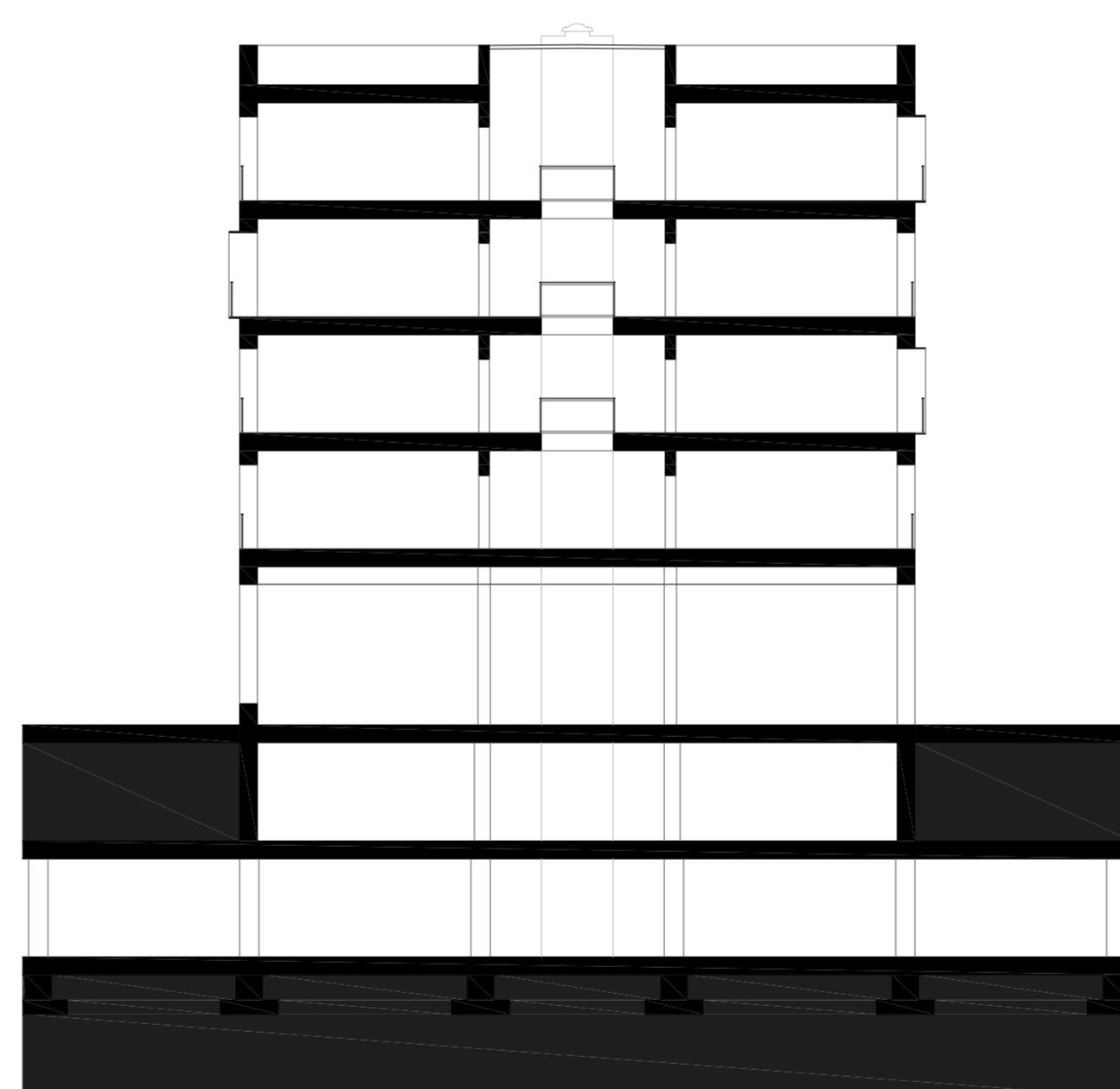
Alloggio x 4 studenti (55mq)

Alloggio x 1 studente (18mq)

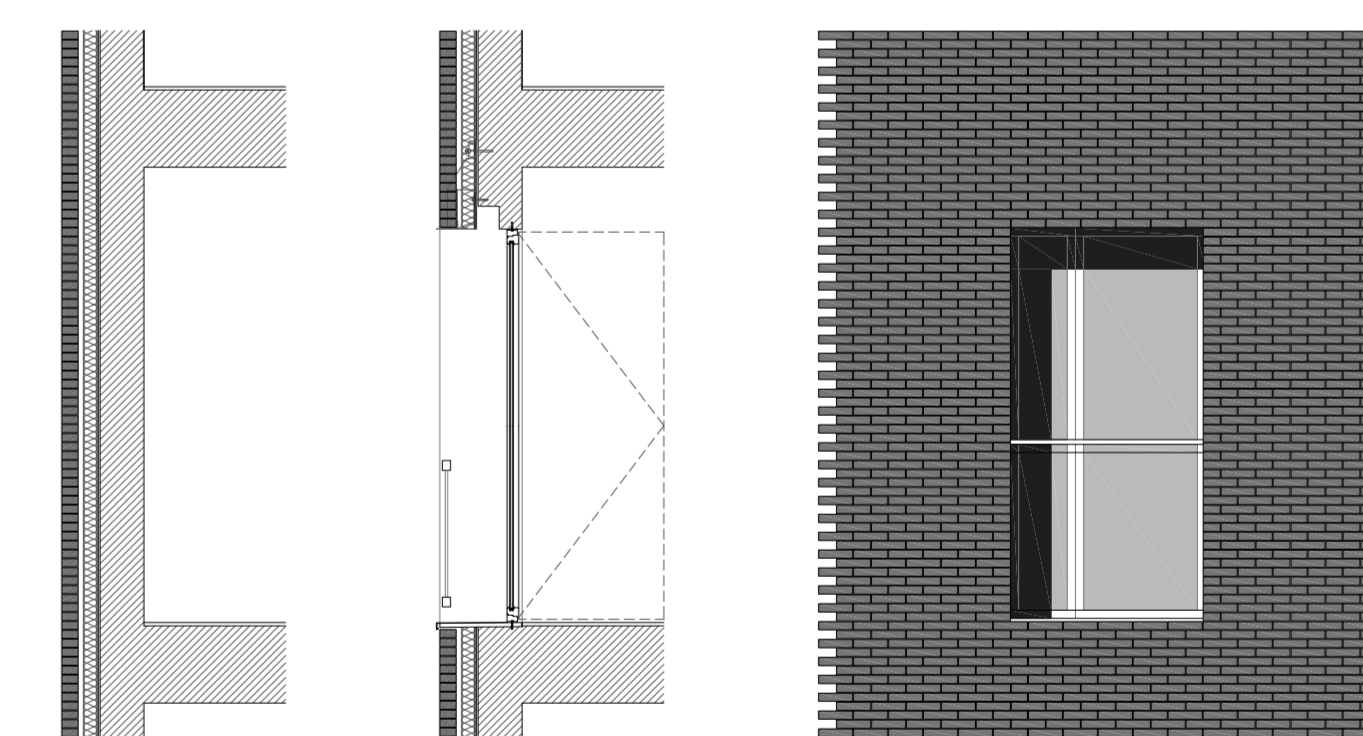
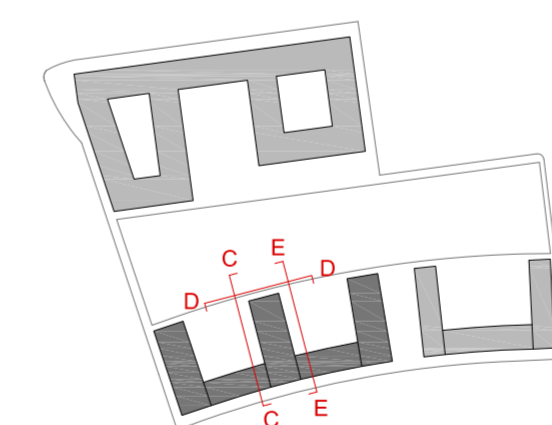
Alloggi tipo_scala 1:100



Sezione A-A_scala 1:200



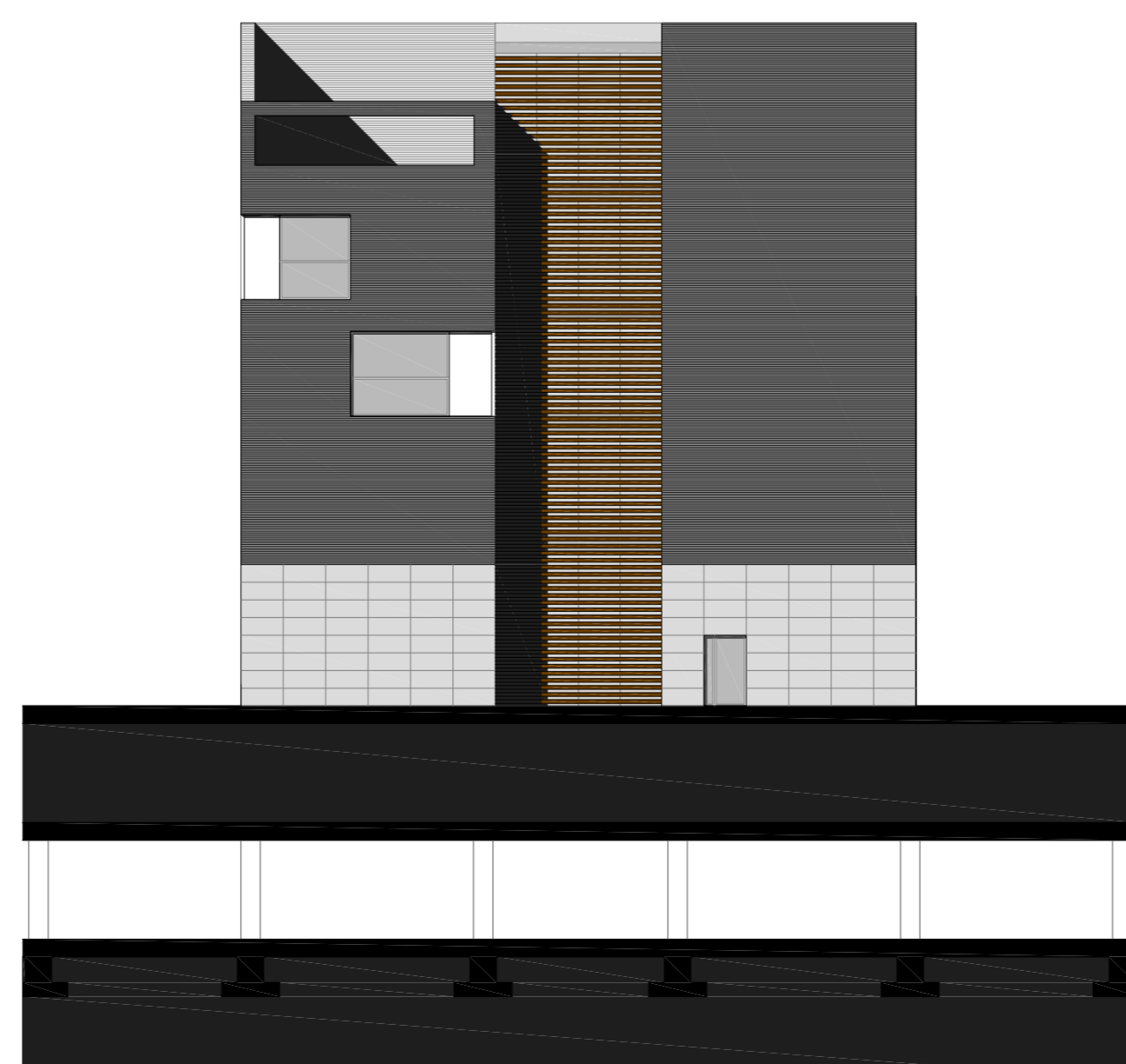
Sezione B-B_scala 1:200



Particolare facciata_scala 1:50



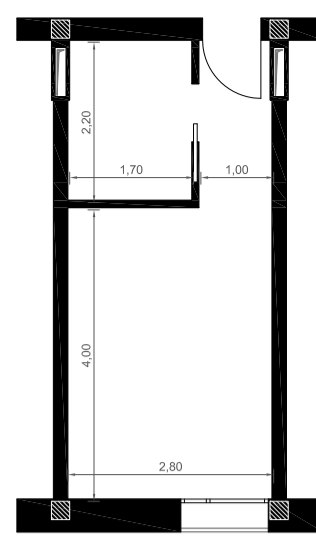
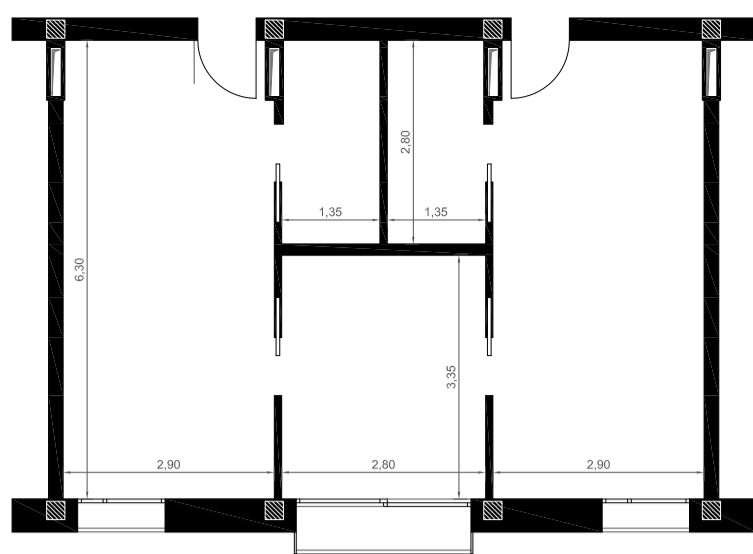
Sezione C-C_scala 1:200



Sezione D-D_scala 1:200



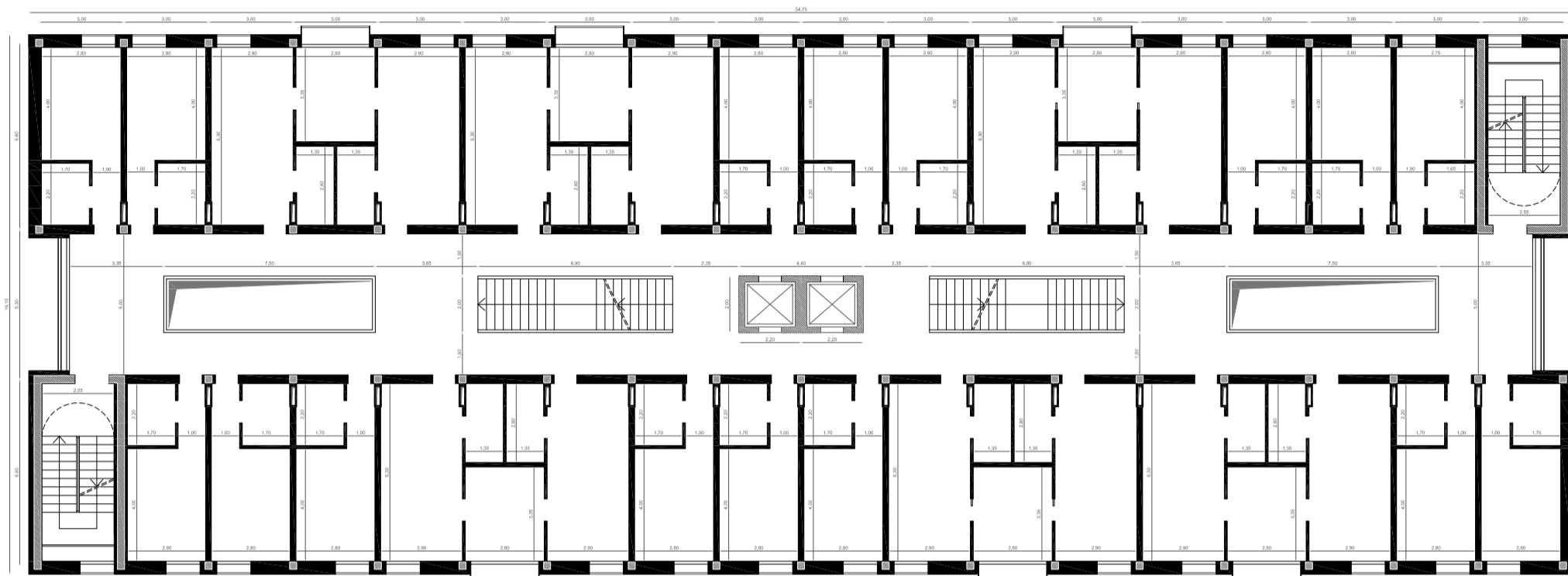
Sezione E-E_scala 1:200



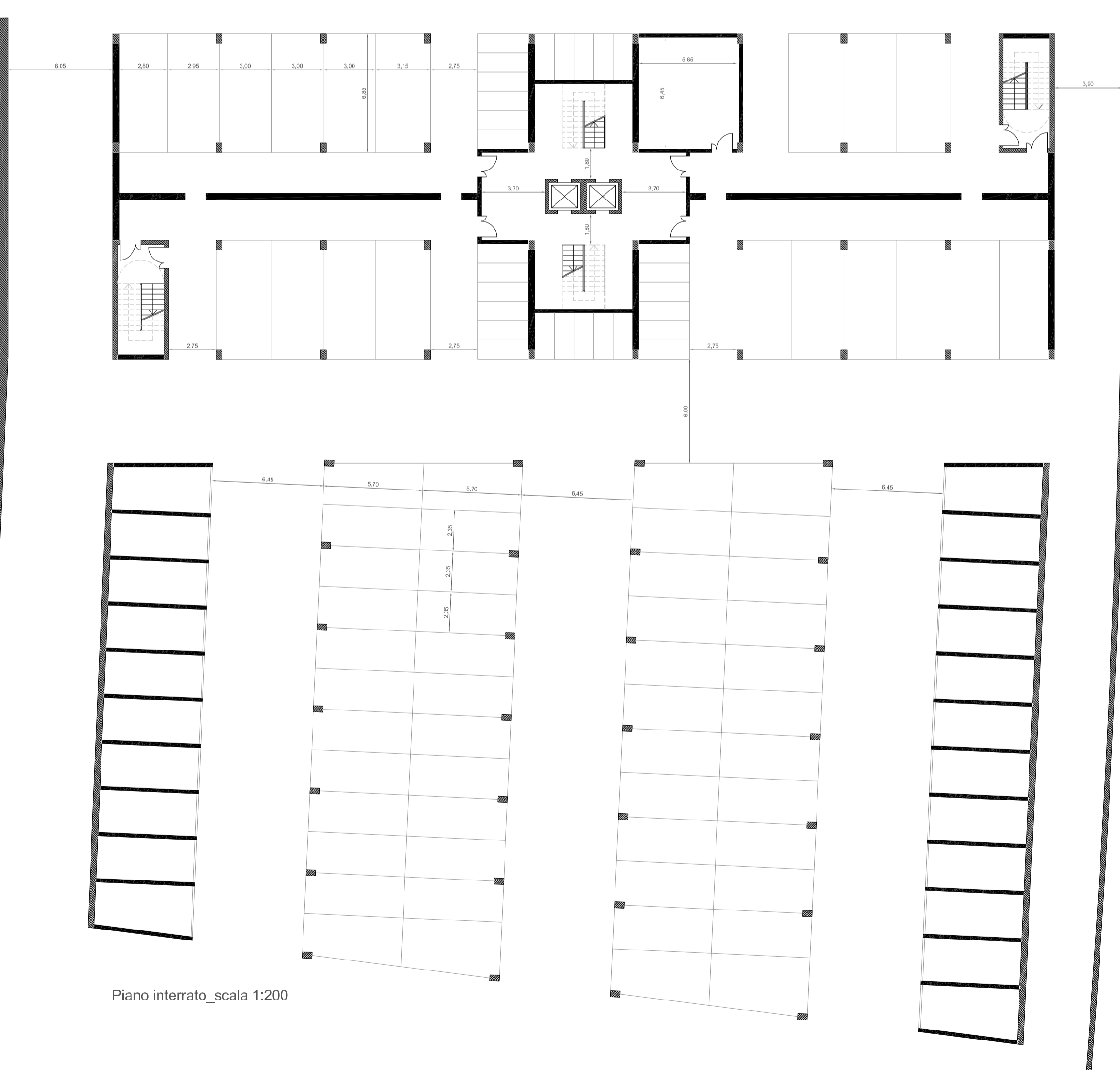
Alloggio x 4 studenti (55mq)

Alloggio x 1 studente (18mq)

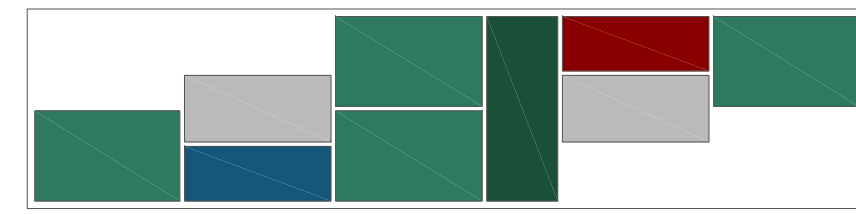
Alloggi tipo_scala 1:100



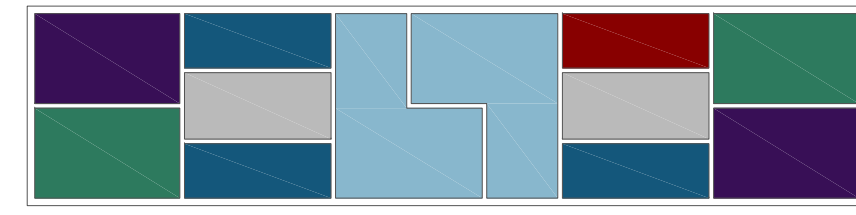
Piano tipo_scala 1:200



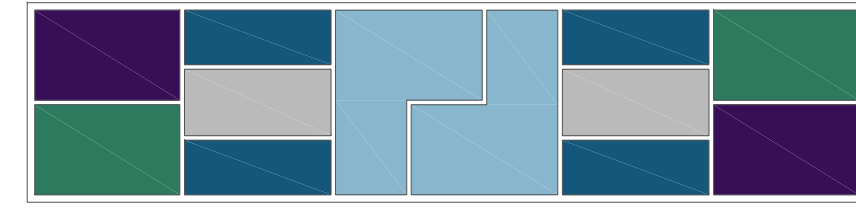
Piano interrato_scala 1:200



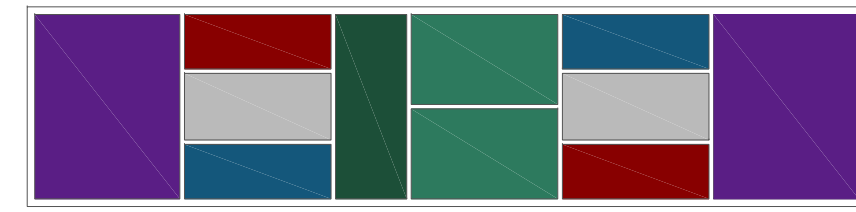
Piano quarto_1:500



Piano terzo_1:500



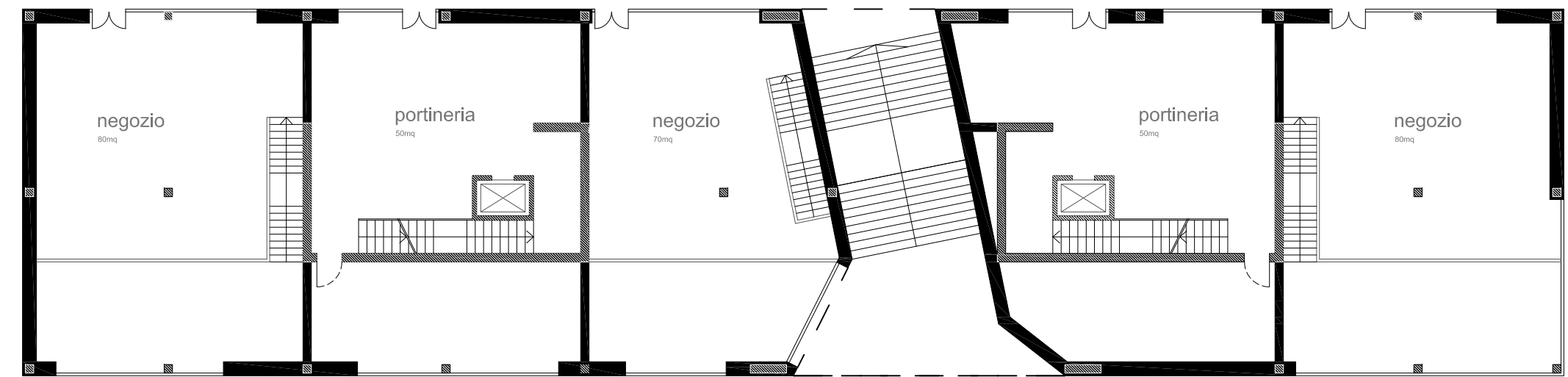
Piano secondo_1:500



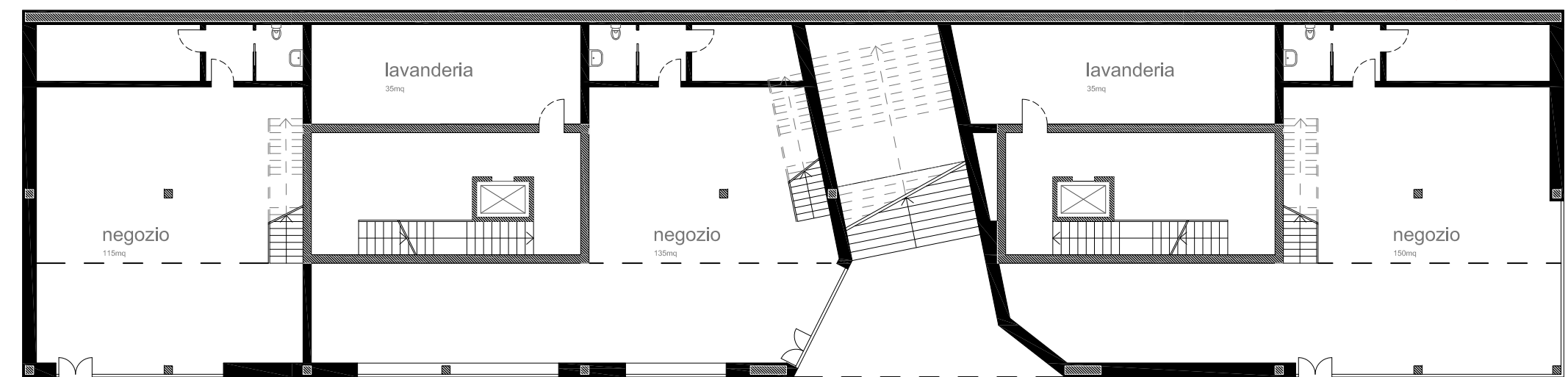
Piano primo_1:500



Piano tipo_scala 1:200



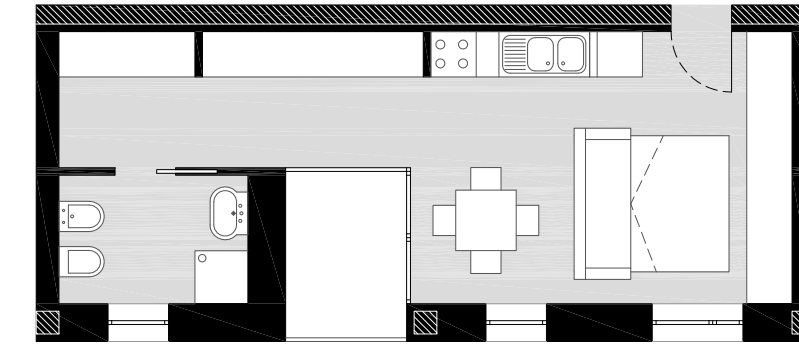
Piano terra quota +3.30_scala 1:200



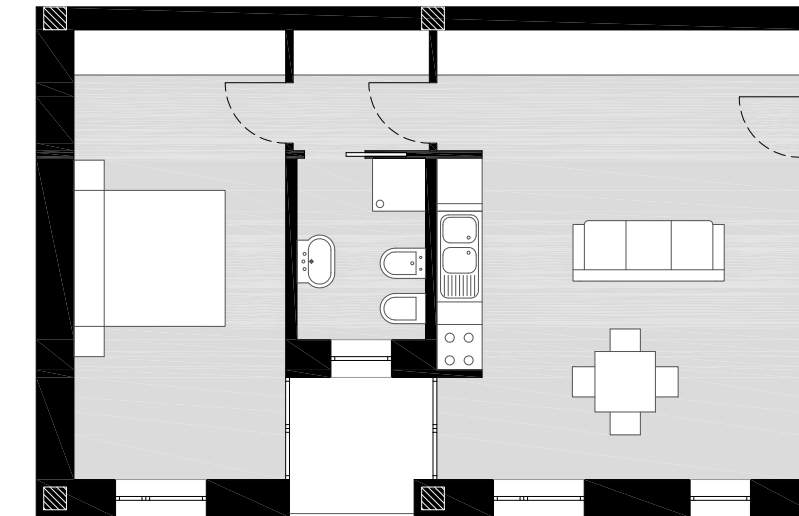
Piano terra quota +0.00_scala 1:200



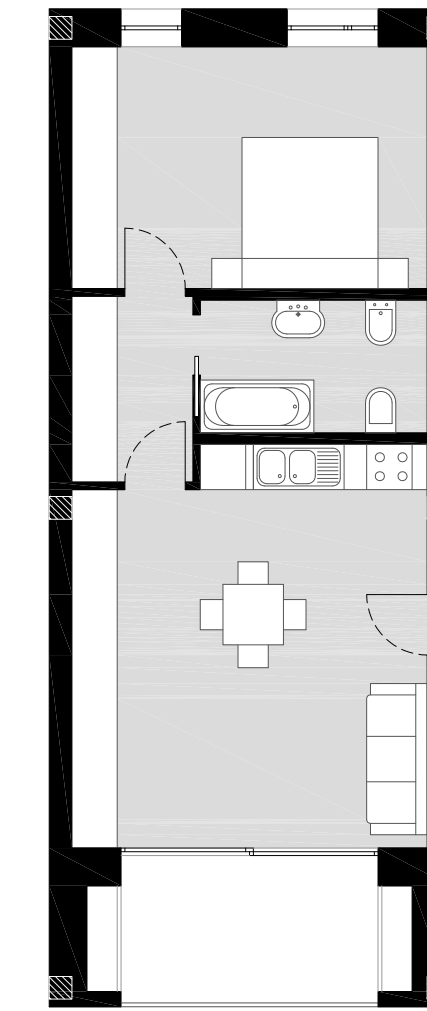
Sezione E-E_scala 1:200



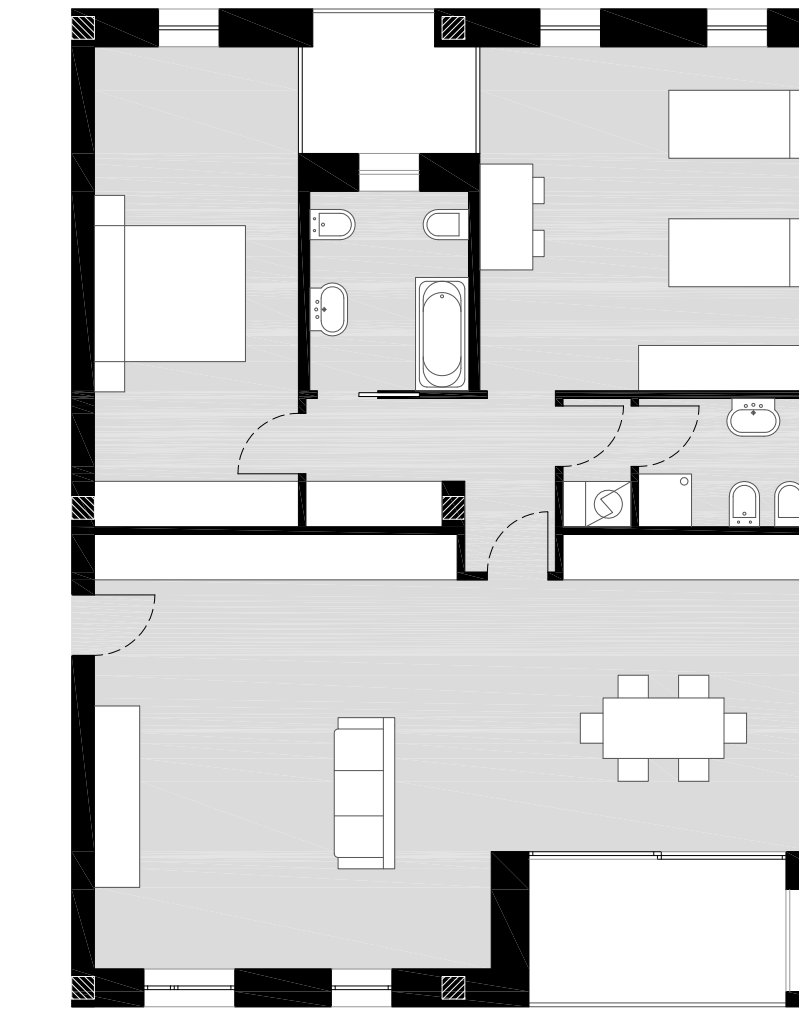
Monocale 30mq



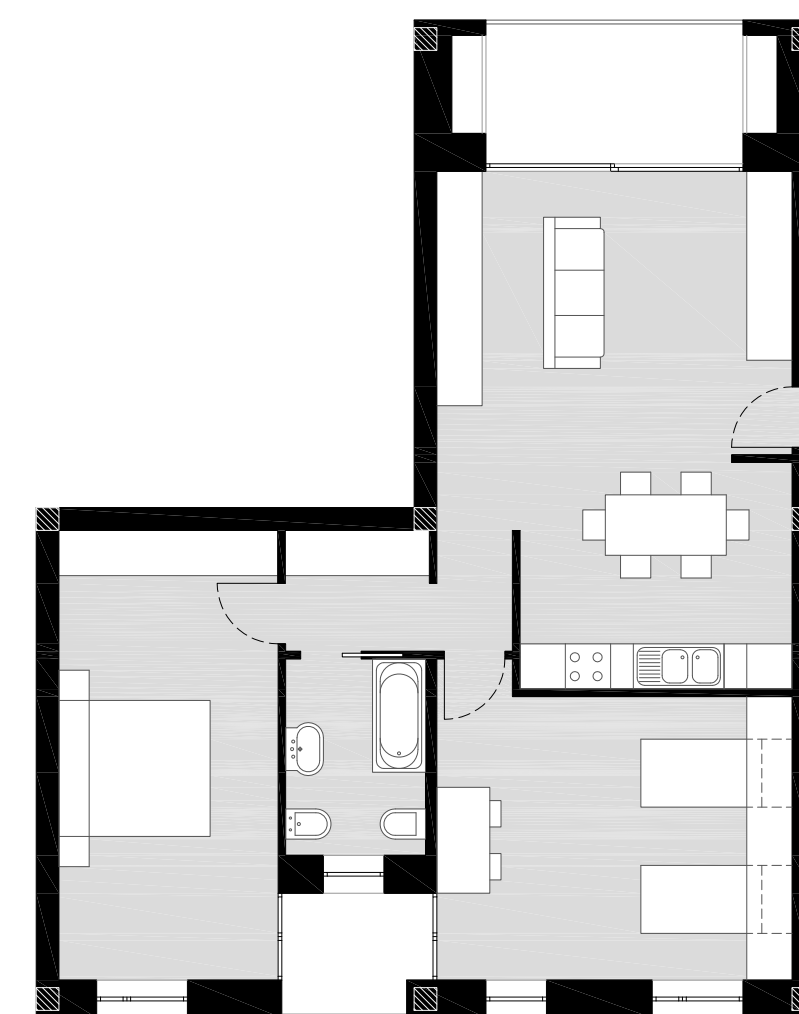
Bilocale 52mq



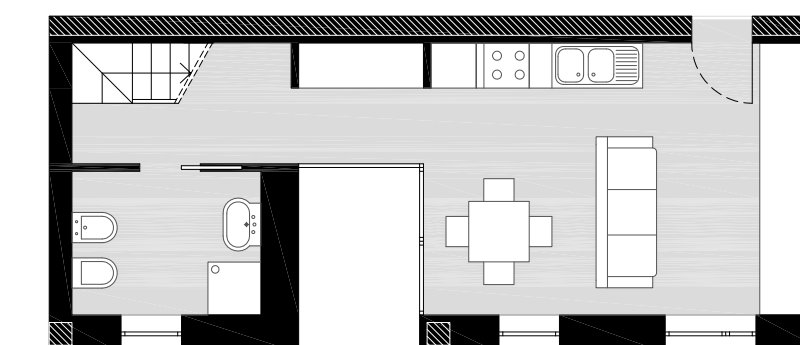
Bilocale 47mq



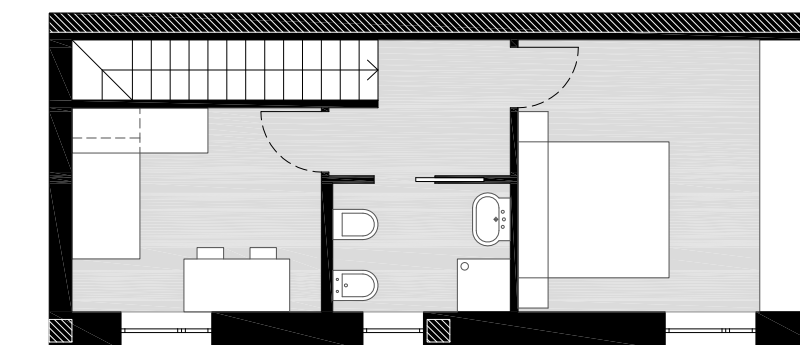
Quadrilocale 110mq



Trilocale 74mq



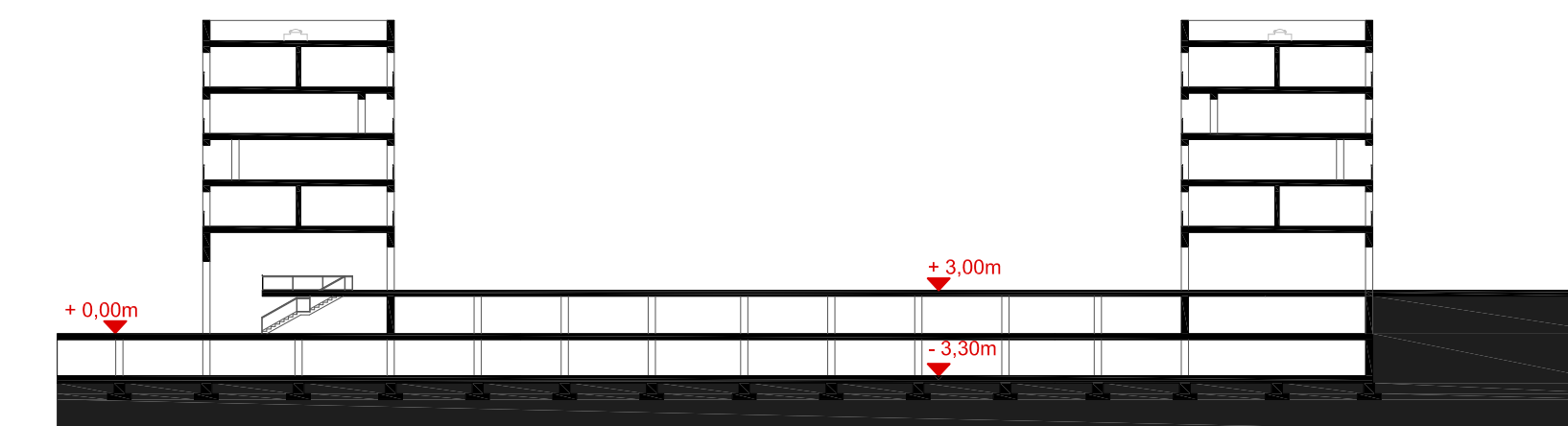
Duplex-Trilocale 65mq



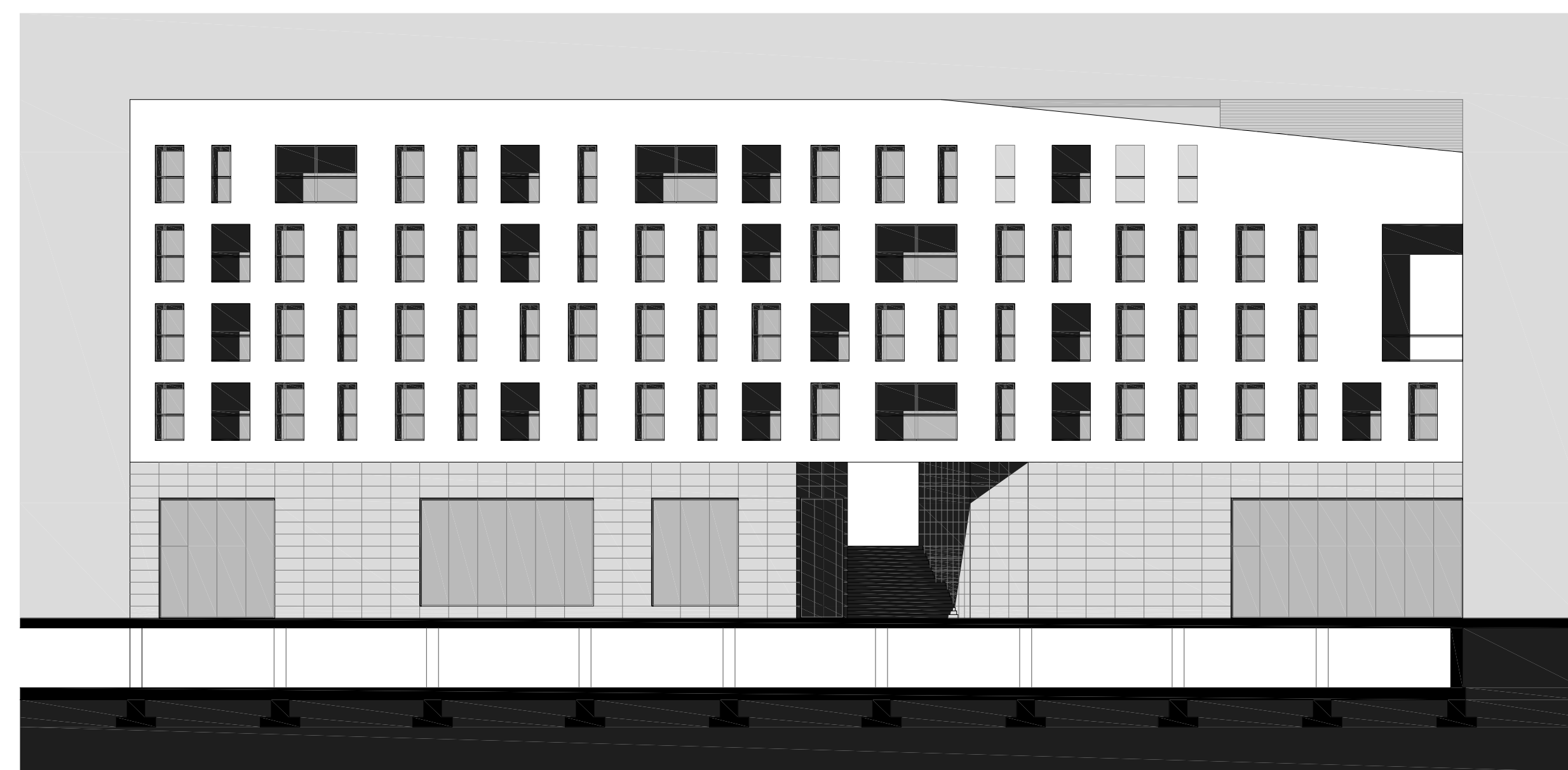
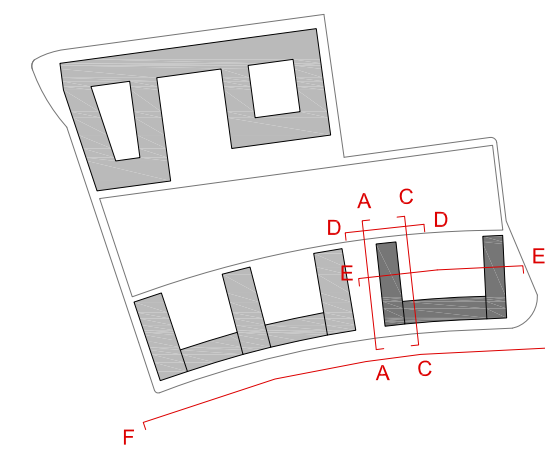
Duplex-Quadrilocale 95mq



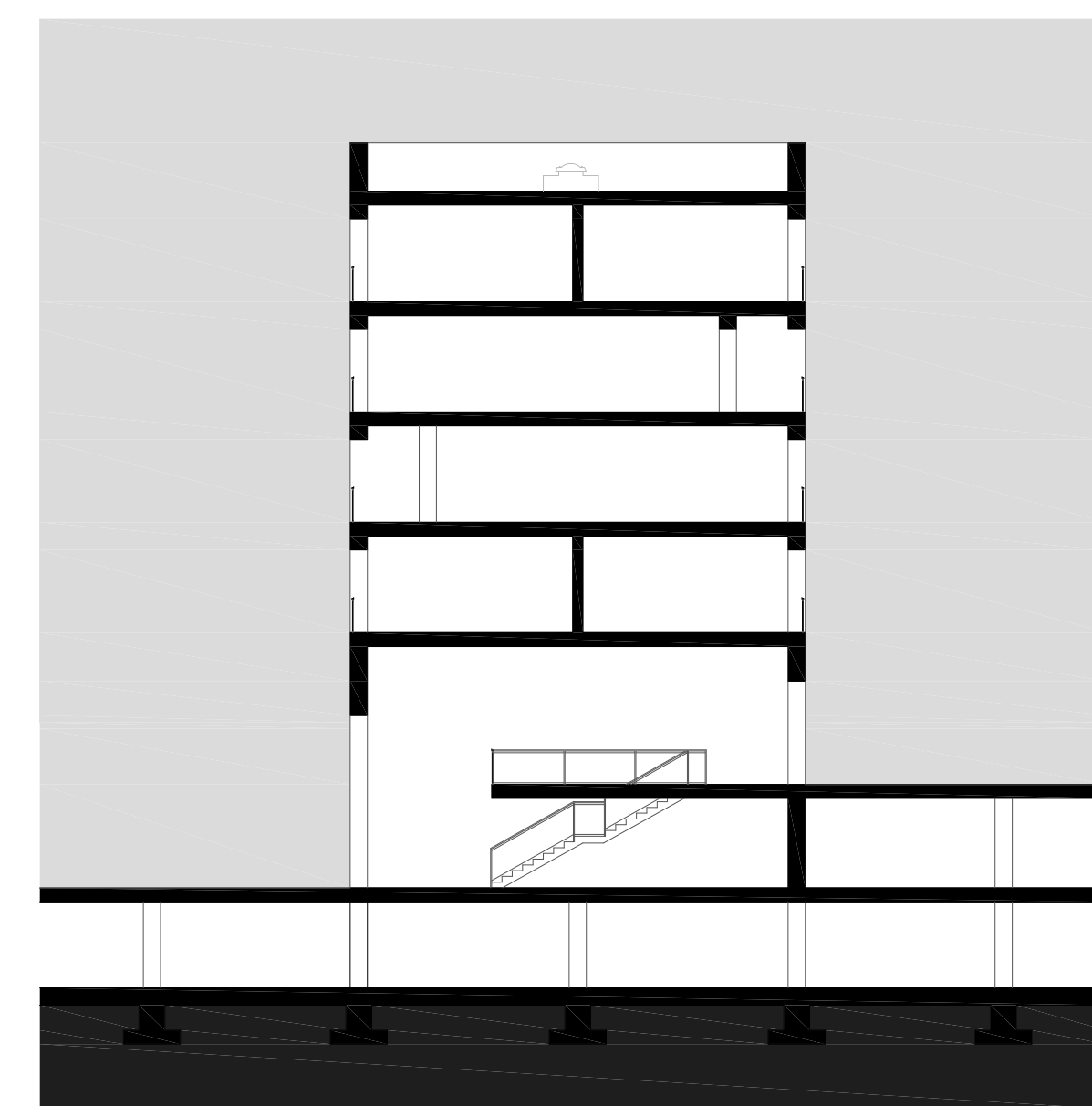
Alloggi tipo_scala 1:100



Sezione F-F_scala 1:500



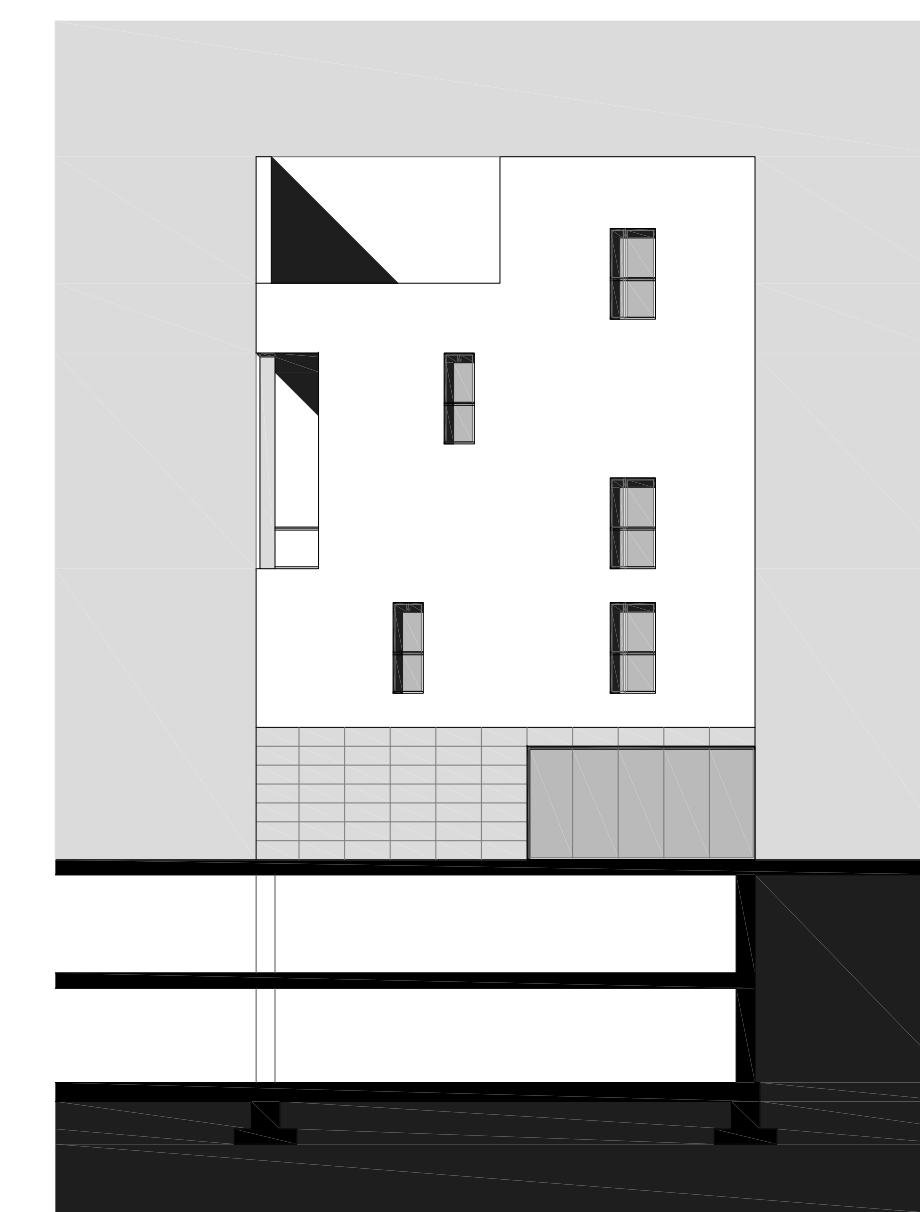
Sezione A-A_scala 1:200



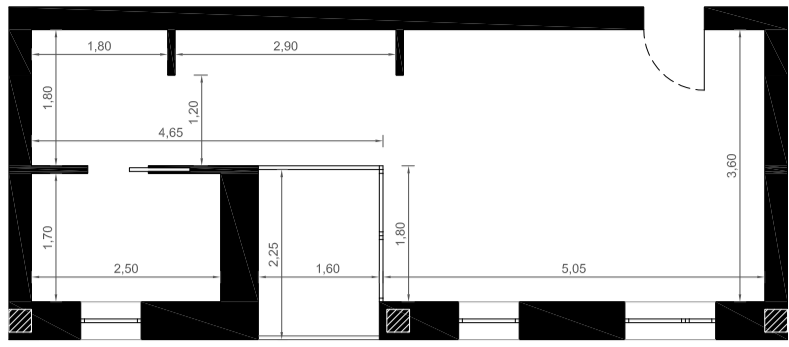
Sezione B-B_scala 1:200



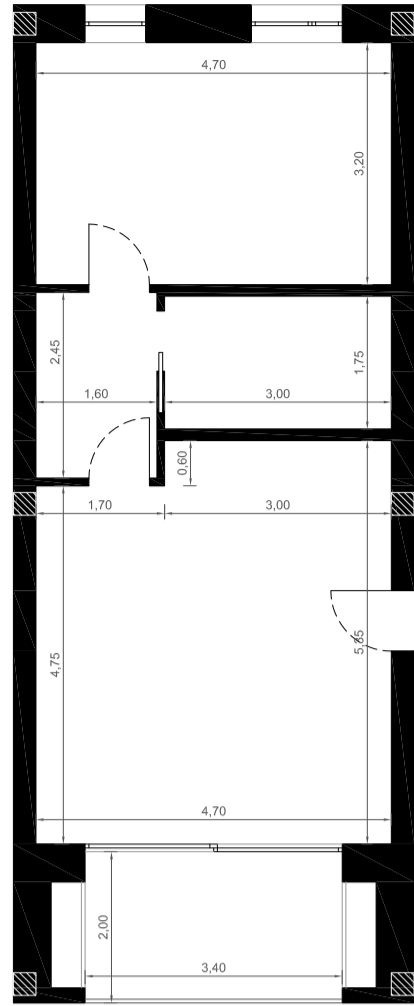
Sezione C-C_scala 1:200



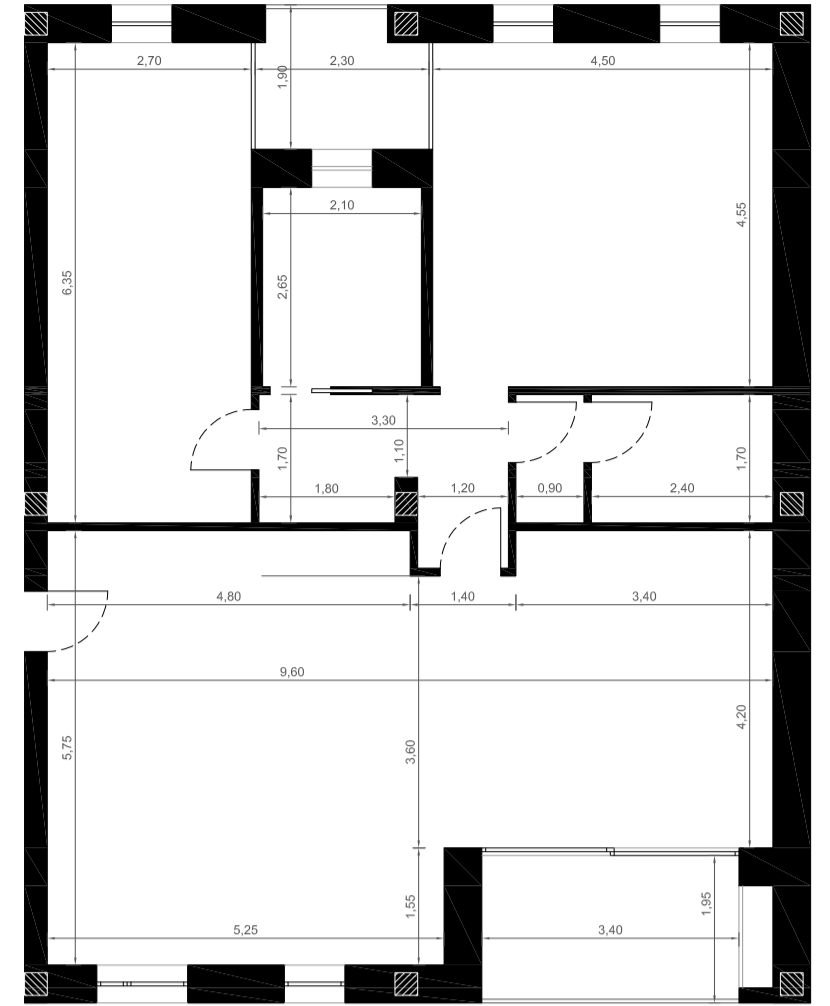
Sezione C-C_scala 1:200



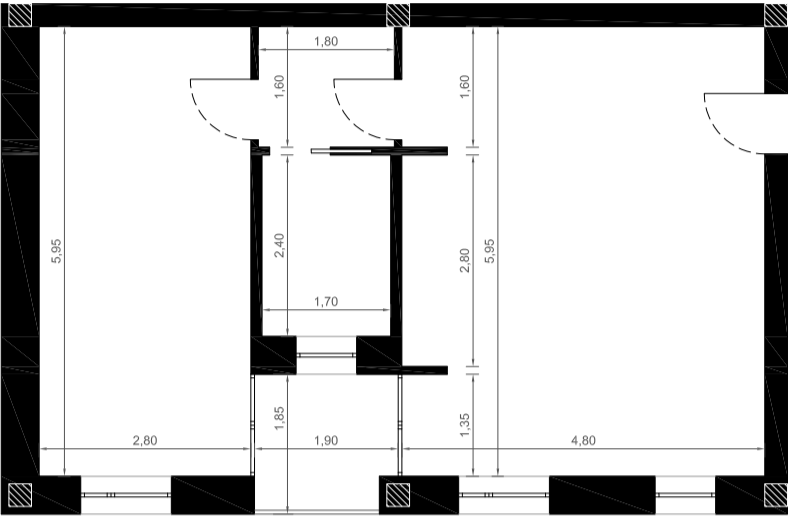
Monocale 30mq



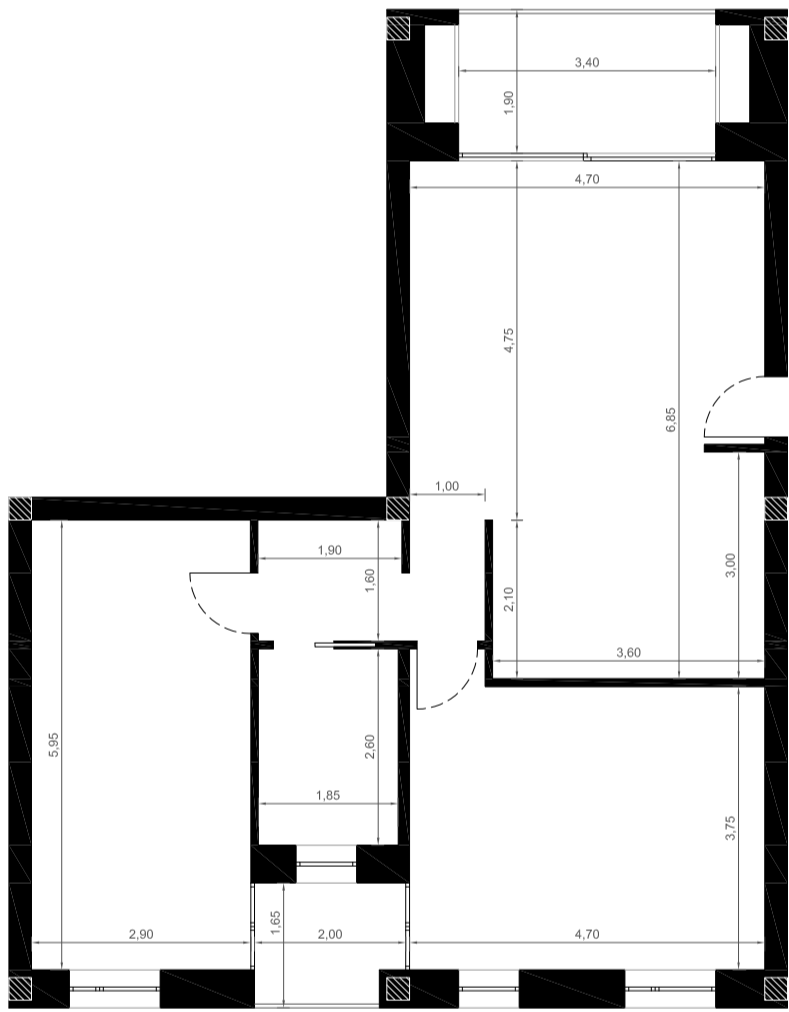
Bilocale 47mq



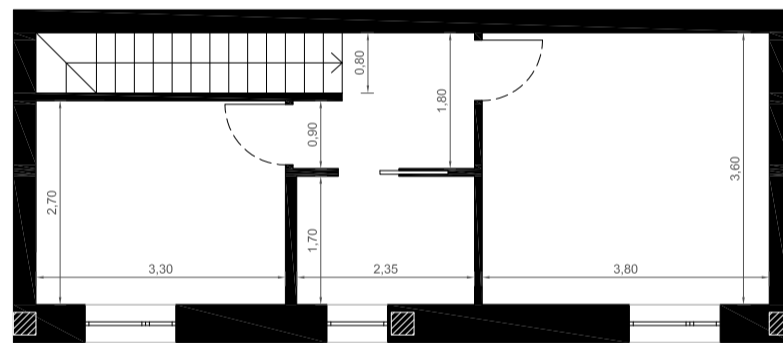
Quadrilocale 110mq



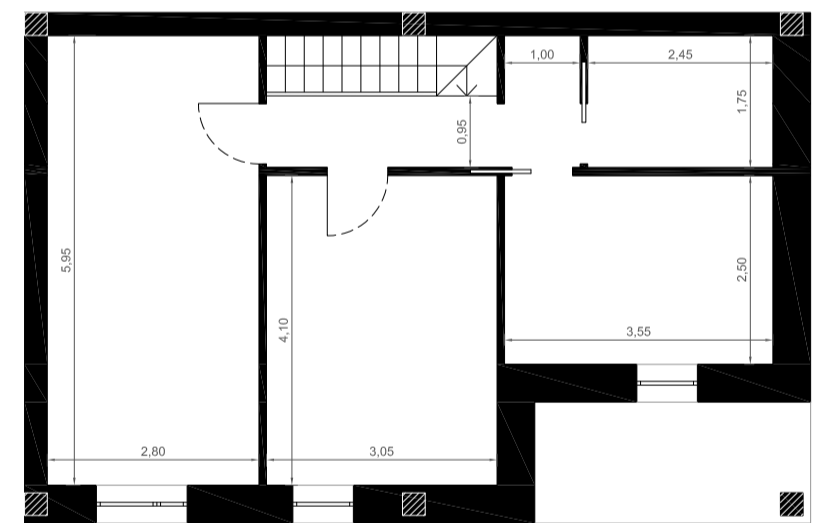
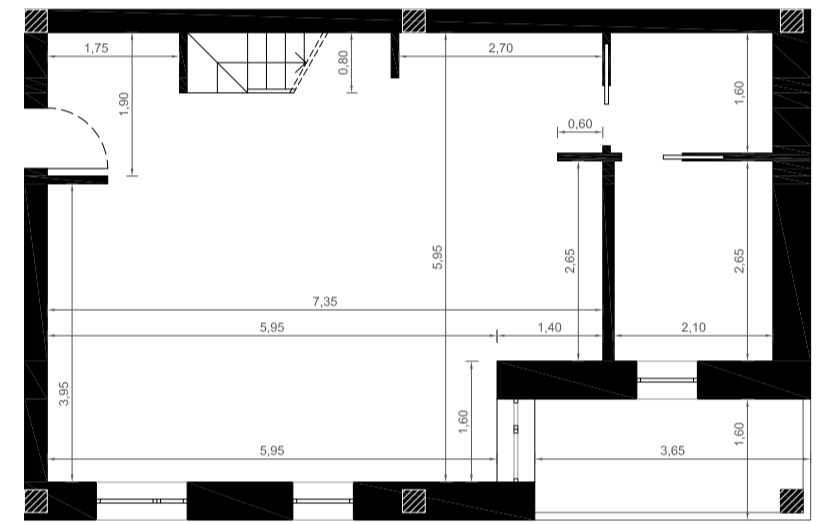
Bilocale 52mq



Trilocale 74mq

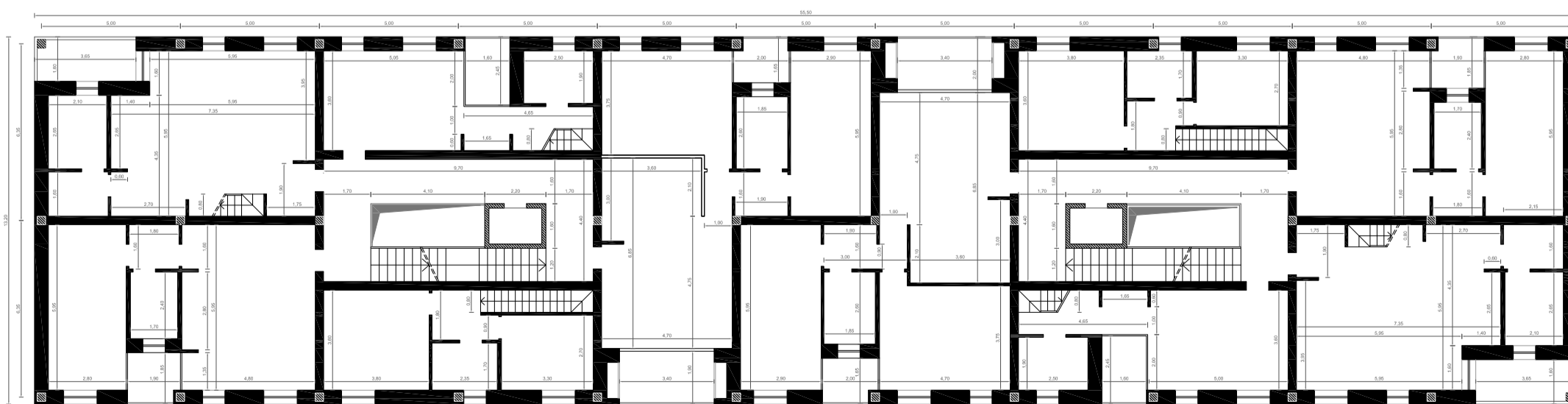


Duplex-Trilocale 65mq

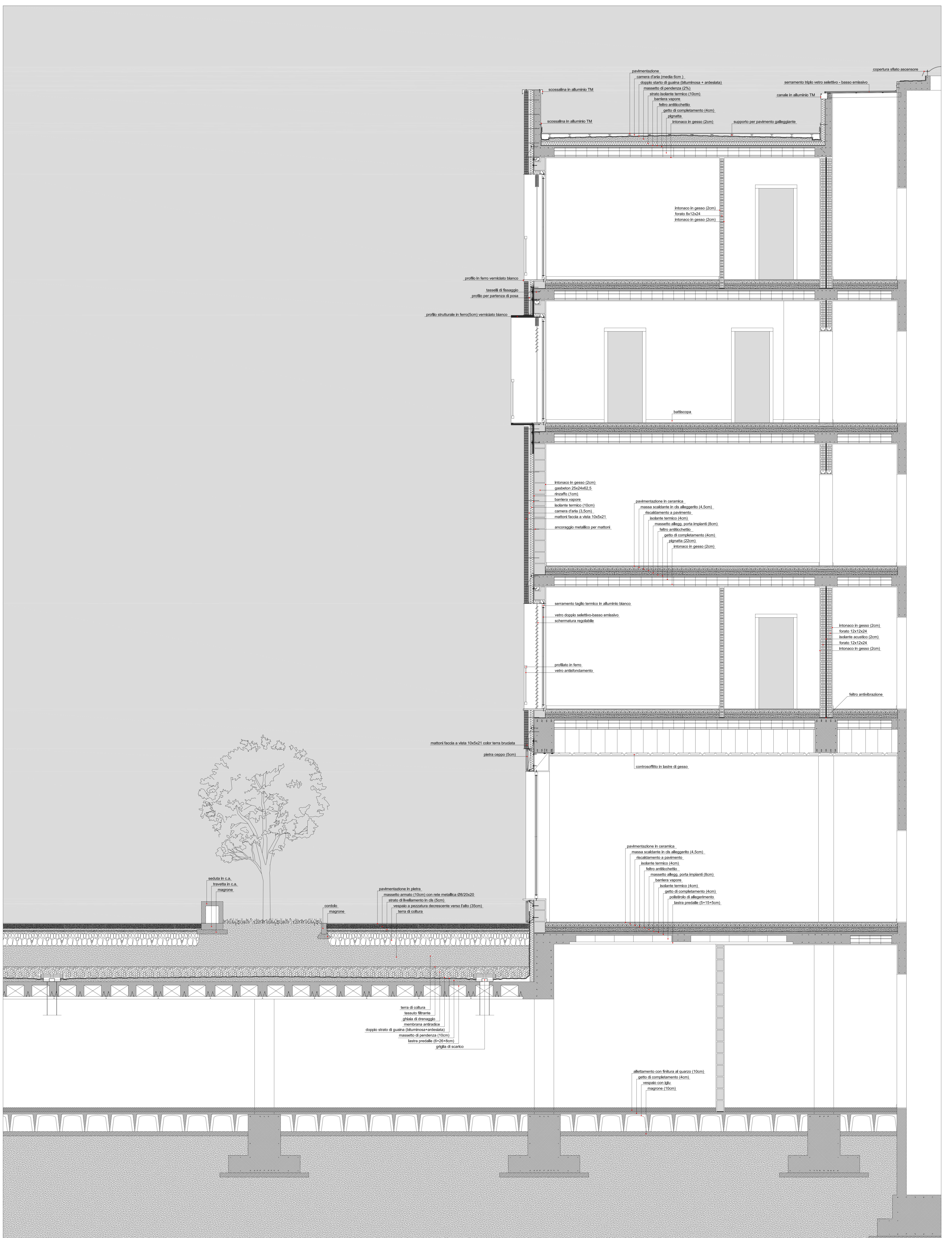


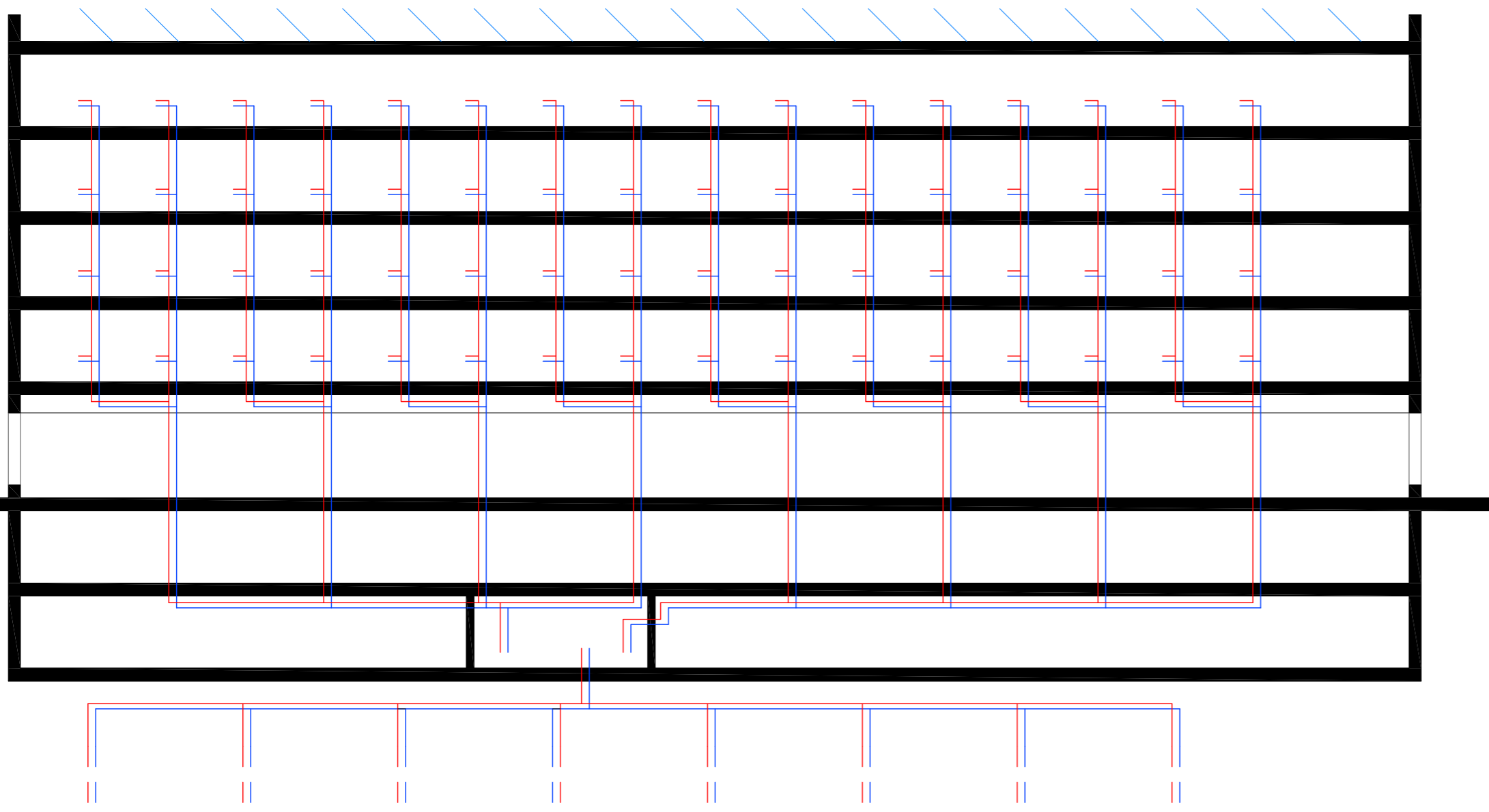
Duplex-Quadrilocale 95mq

Alloggi tipo_scala 1:100



Piano tipo_scala 1:200

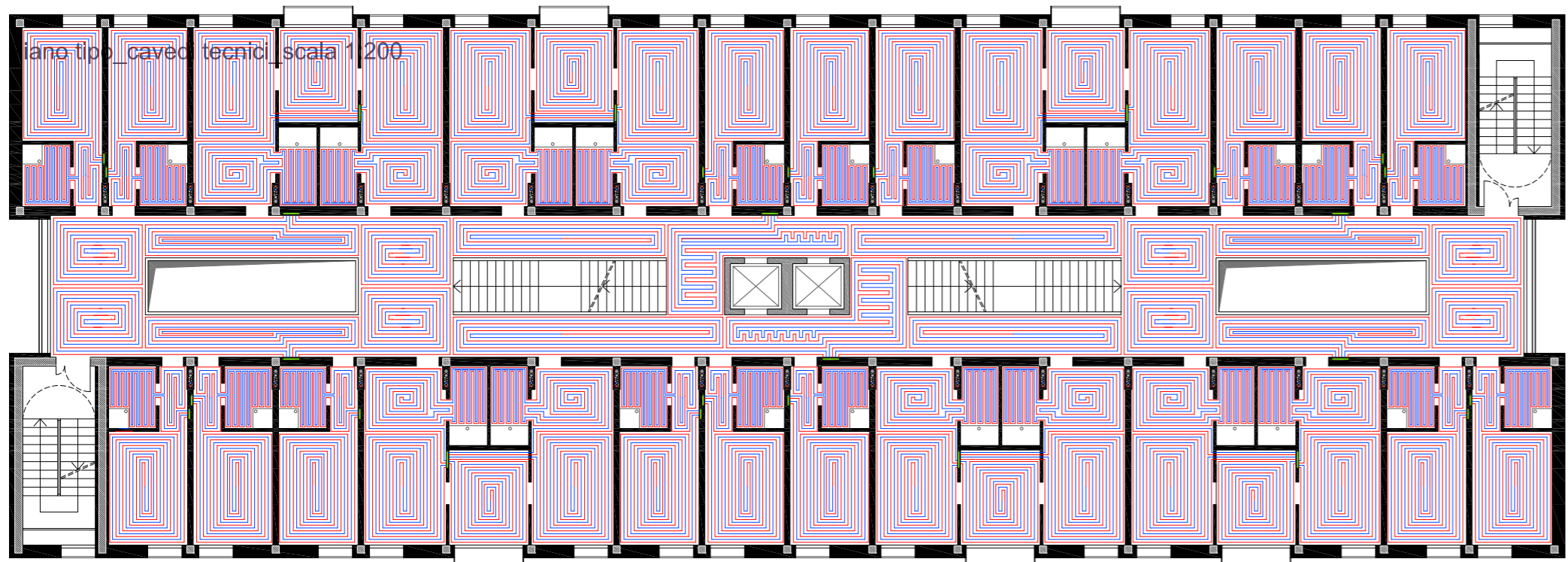
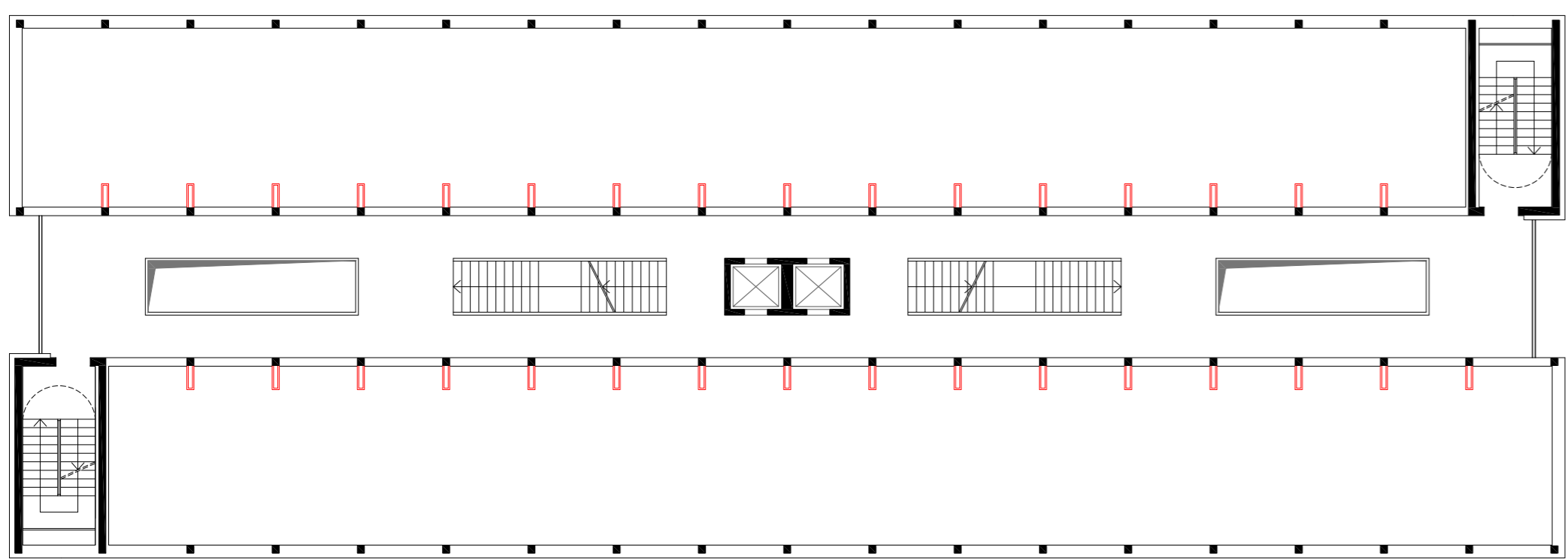




Sezione_scala 1:200



Piano copertura_scala 1:200

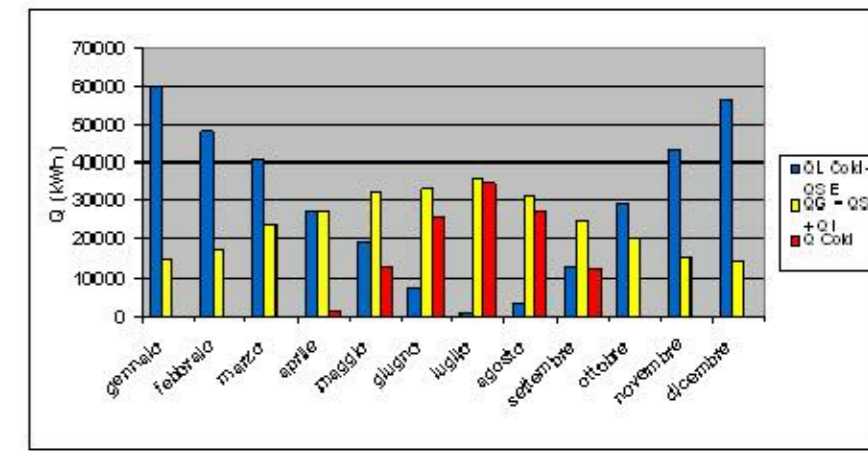
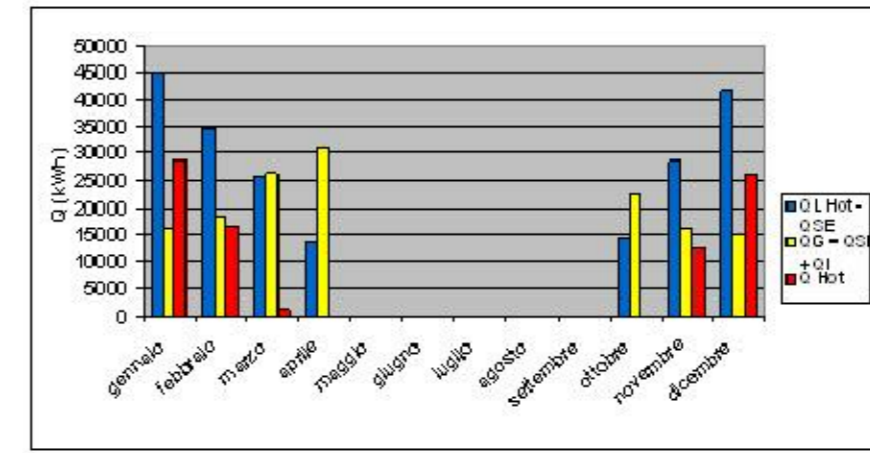


Piano tipo_impianto pannelli radianti_scala 1:200

mese	Q _{tot} Q _{tot} kWh	Q _{tot} Q _{tot} kWh	T _{ext} °C	h _{ext} h	T _{int} °C	Q _{tot} Q _{tot} kWh	
gennaio	29	4460,3	1630,0	0,36	17,3	1,00	24782
febbraio	29	3409,0	1628,0	0,53	17,3	1,00	14420
marzo	31	2594,6	2401,0	1,02	17,3	0,84	1217
aprile	30	1342,0	2052,4	2,20	17,3	0,44	4
maggio	31	1388,2	1361,2	0,59	17,3	1,00	13236
giugno	30	211,5	1125,1	0,22	17,3	1,00	29326
luglio	31	340,5	1092,8	0,50	17,3	1,00	34372
agosto	31	302,8	1136,8	0,12	17,3	1,00	27444
settembre	30	1281,3	2498,3	0,51	17,3	1,00	12367
ottobre	31	2387,3	2088,3	1,45	17,3	0,69	84
novembre	30	2902,5	1628,0	0,57	17,3	1,00	12367
dicembre	31	4147,2	1532,2	0,37	17,3	1,00	24198
 FABBISOGNO TERMICO - stagione di riscaldamento 							 4459

mese	Q _{tot} Q _{tot} kWh	Q _{tot} Q _{tot} kWh	T _{ext} °C	h _{ext} h	T _{int} °C	Q _{tot} Q _{tot} kWh	
gennaio	29	5944,0	1630,0	0,43	17,3	0,26	4
febbraio	29	4914,5	1628,0	0,34	17,3	0,26	4
marzo	31	4972,0	2272,7	0,72	17,3	0,68	1
aprile	30	2778,6	2778,2	1,00	17,3	0,96	1580
maggio	31	1888,2	1161,2	0,59	17,3	1,00	13236
giugno	30	211,5	1125,1	0,22	17,3	1,00	29326
luglio	31	340,5	1092,8	0,50	17,3	1,00	34372
agosto	31	302,8	1136,8	0,12	17,3	1,00	27444
settembre	30	1281,3	2498,3	0,51	17,3	1,00	12367
ottobre	31	2387,3	2088,3	1,45	17,3	0,69	84
novembre	30	4281,8	1573,2	0,21	17,3	0,36	4
dicembre	31	5922,0	1444,0	0,38	17,3	0,26	4
 FABBISOGNO TERMICO - stagione di raffrescamento 							 115407

Fabbisogno termico



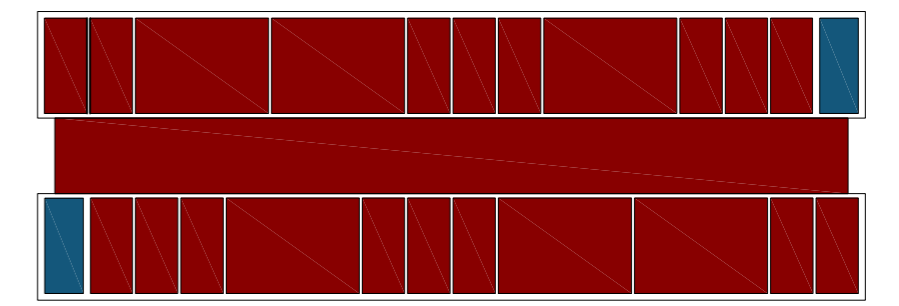
Fabbisogno termico stagioni invernale-estiva

Q _{tot} =	13,2	kWh/m ²	A+
Q _{tot} =	44,5	kWh/m ²	
CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER IL RISCALDAMENTO			

Classe energetica

Q _{tot} =	23,3	kWh/m ²	C
CERTIFICAZIONE ENERGETICA PER IL RAFFRESCAMENTO			

- pannello fotovoltaico
- pannello solare



- zone riscaldate
- zone non riscaldate

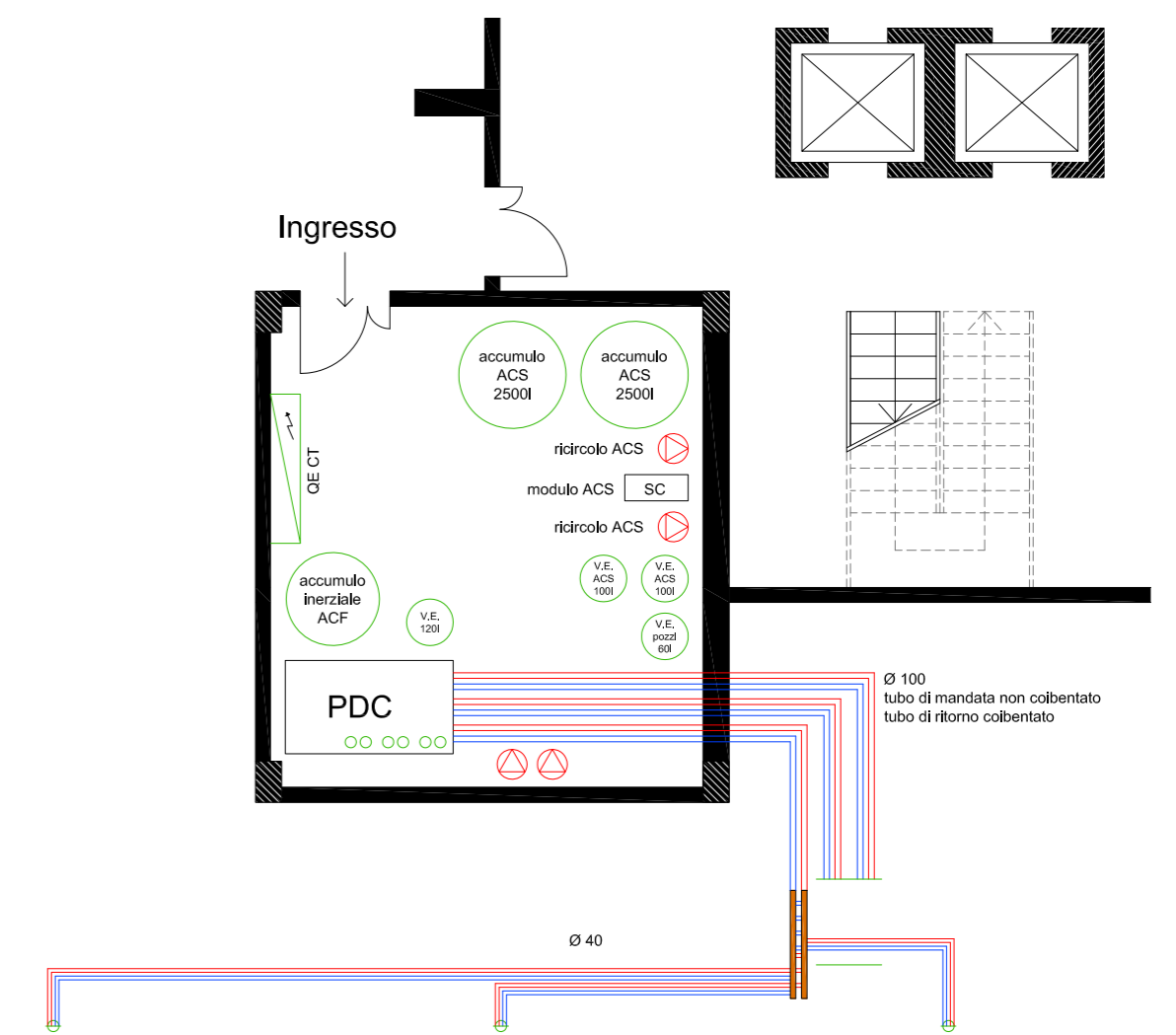


Piano tipo_impianto pannelli radianti_scala 1:100

- collettore riscaldamento
- mandata serpentina pannelli radianti
- ritorno serpentina pannelli radianti
- colonna mandata riscaldamento
- colonna ritorno riscaldamento

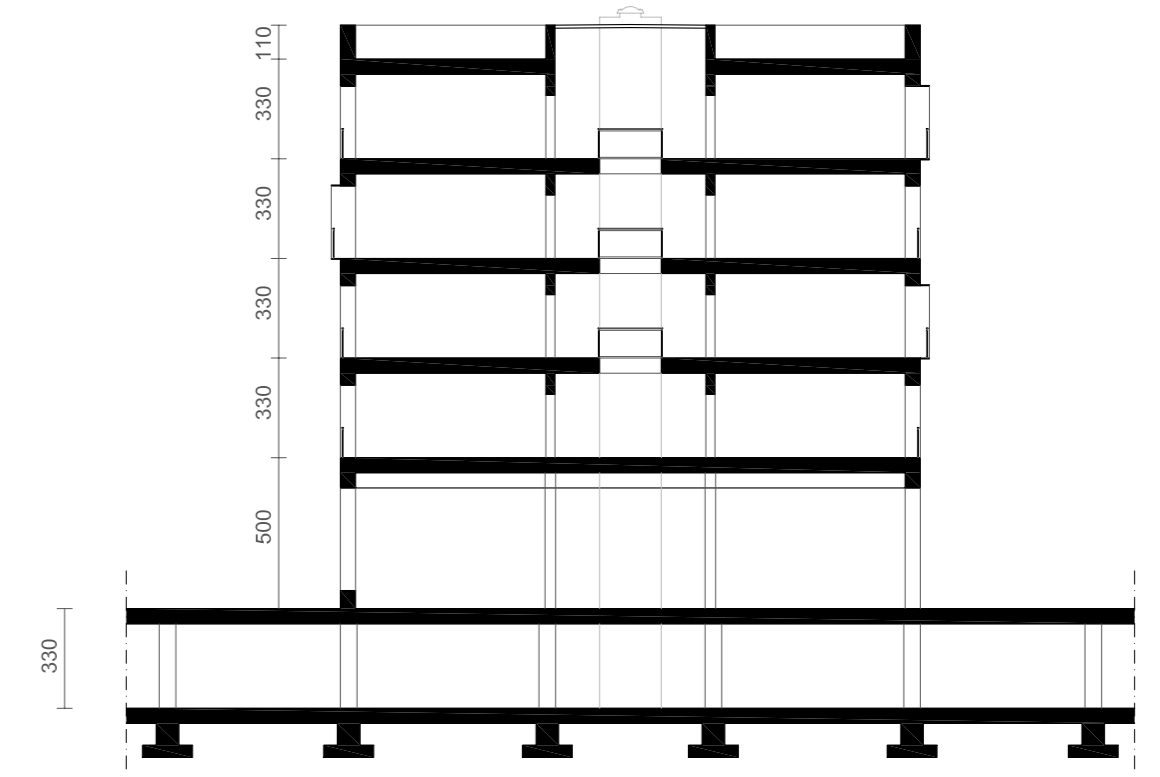
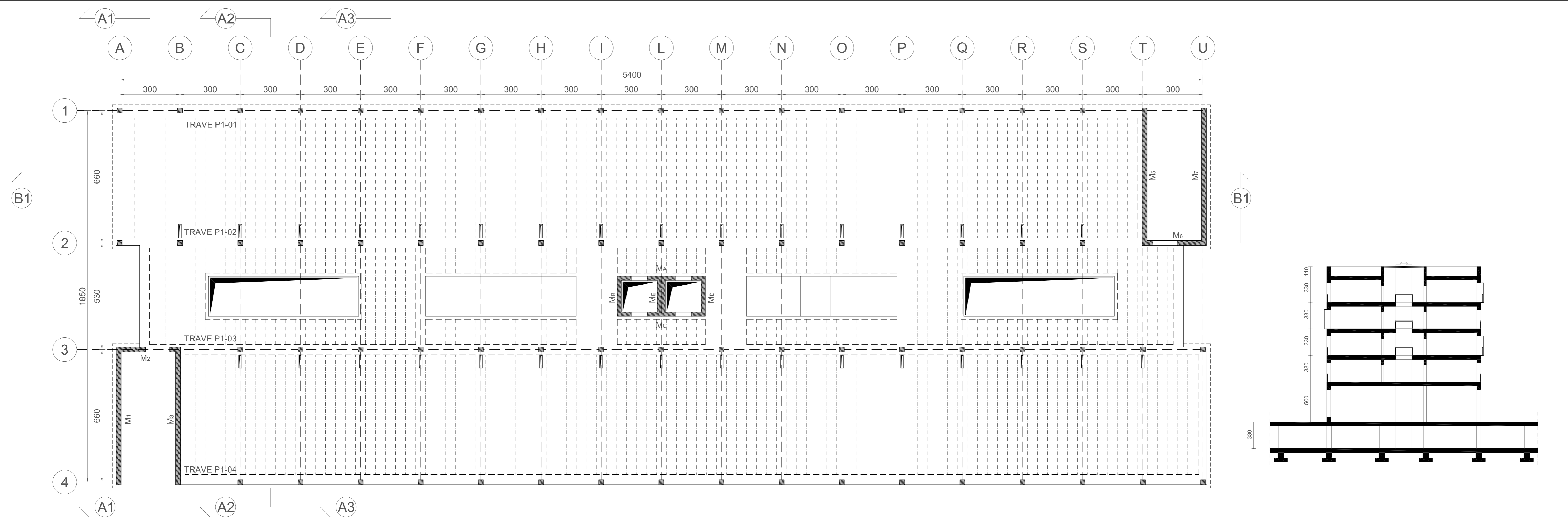


Piano interrato_sistema sonde geotermiche_scala 1:200



Piano interrato_locale impianti_scala 1:100

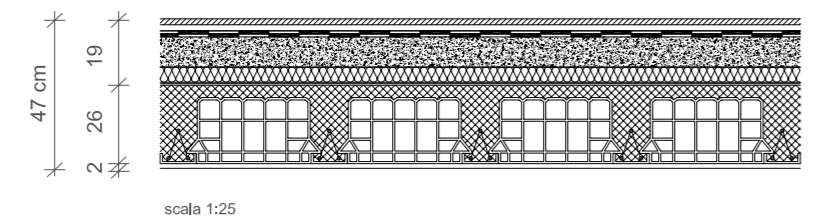
- mandata serpentina pannelli radianti
- ritorno serpentina pannelli radianti
- ritorno serpentina pannelli radianti



ANALISI CARICHI

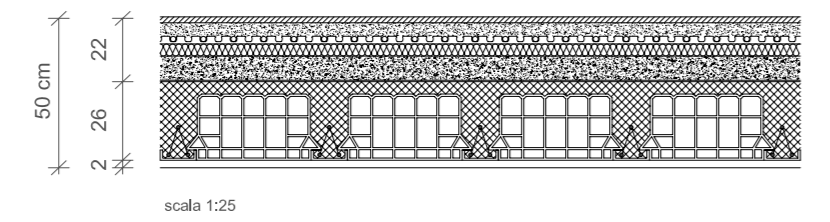
S₁ SOLAIO COPERTURA praticabile

Analisi dei carichi soletto	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
Materiale	G ₁	G ₂	Q
1 Pavimentazione galleggiante (2cm)	0.70		
2 Guaina impermeabilizzante	0.30		
3 Massetto di pendenza 2% (10cm)	1.10		
4 Isolante (5cm)	0.05		
5 Barriera vapore	-		
6 Feltro anticorrosivo	-		
7 Getto di completamento (4cm)	1.00		
8 Solaio latero-cemento (22cm)	2.00	0.40	
9 Intonaco (2cm)			4.00
Sovraccarico d'esercizio			4.00
Tot	3.00	2.55	4.00
			9.55



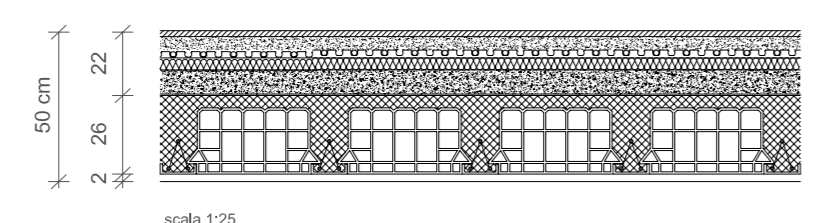
S₂ SOLAIO INTERMEDIO residenziale

Analisi dei carichi soletto	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
Materiale	G ₁	G ₂	Q
1 Pavimentazione (2cm)	0.45		
2 Pannelli radianti a pavimento (8cm)	1.20		
3 Isolante (4cm)	0.05		
4 Massetto allegg. porta impianti (8cm)	0.90		
5 Feltro anticorrosivo	-		
6 Getto di completamento (4cm)	1.00		
7 Solaio in latero-cemento (22cm)	2.00	0.40	
8 Tramezzi interni	1.00		
Sovraccarico d'esercizio			2.00
Tot	3.00	4.00	2.00
			9.00



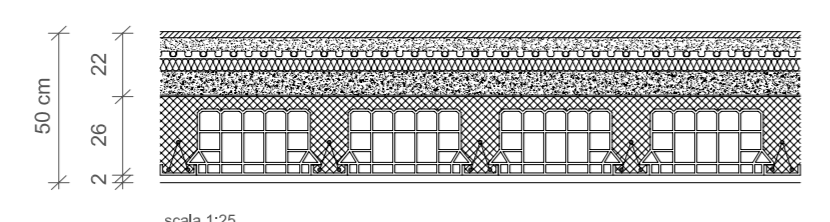
S₃ SOLAIO INTERMEDIO ballatoio

Analisi dei carichi soletto	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
Materiale	G ₁	G ₂	Q
1 Pavimentazione (2cm)	0.45		
2 Pannelli radianti a pavimento (8cm)	1.20		
3 Isolante (4cm)	0.05		
4 Massetto allegg. porta impianti (8cm)	0.90		
5 Feltro anticorrosivo	-		
6 Getto di completamento (4cm)	1.00		
7 Solaio in latero-cemento (22cm)	2.00	0.40	
8 Intonaco (2cm)	0.40		
9 Balaustra	0.40		
Sovraccarico d'esercizio			4.00
Tot	3.00	3.40	4.00
			10.40



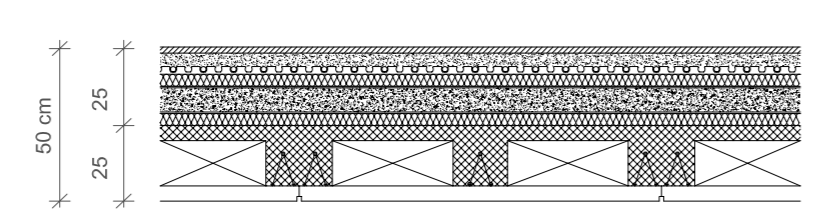
S₄ SOLAIO INTERMEDIO zone comuni

Analisi dei carichi soletto	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
Materiale	G ₁	G ₂	Q
1 Pavimentazione (2cm)	0.45		
2 Pannelli radianti a pavimento (8cm)	1.20		
3 Isolante (4cm)	0.05		
4 Massetto allegg. porta impianti (8cm)	0.90		
5 Feltro anticorrosivo	-		
6 Getto di completamento (4cm)	1.00		
7 Solaio in latero-cemento (22cm)	2.00	0.40	
8 Controsoffitto (3cm)	0.40		
9 Impianti	0.20		
10 Tramezzi interni	1.00		
Sovraccarico d'esercizio			4.00
Tot	3.00	4.20	4.00
			11.20

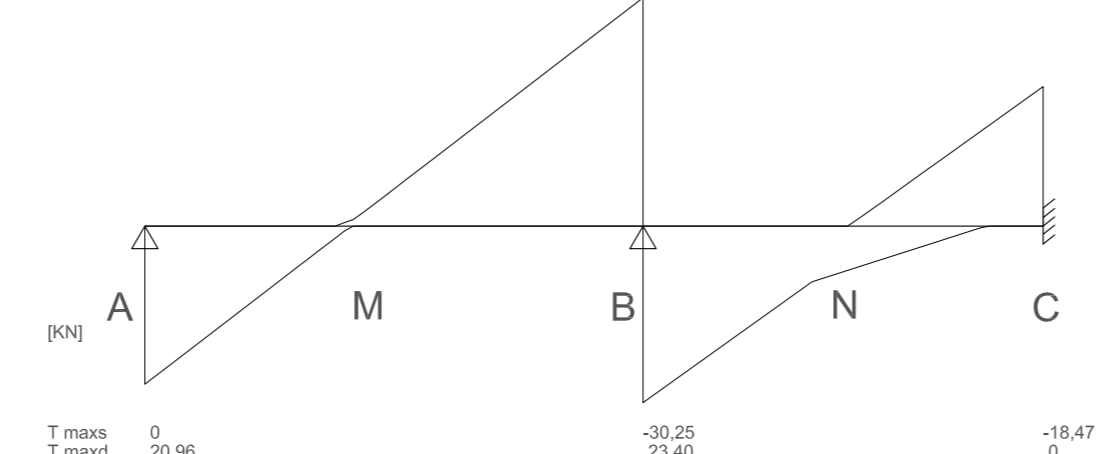


S₅ SOLAIO SU INTERRATO

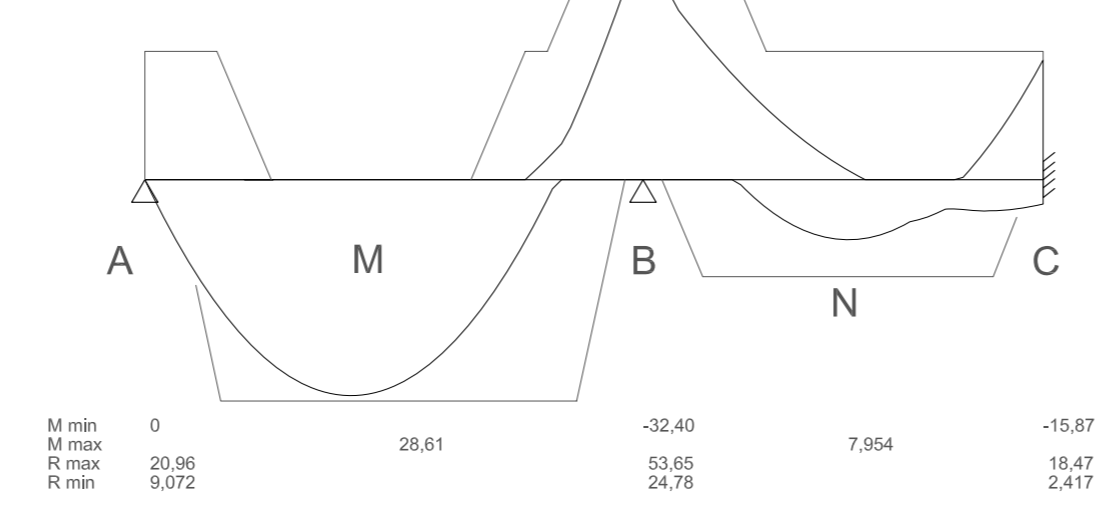
Analisi dei carichi soletto	KN/m ²	KN/m ²	KN/m ²
Materiale	G ₁	G ₂	Q
1 Pavimentazione (2cm)	0.45		
2 Pannelli radianti a pavimento (8cm)	1.20		
3 Isolante (4cm)	0.05		
4 Feltro anticorrosivo	-		
5 Massetto allegg. porta impianti (8cm)	0.90		
6 Barriera vapore	-		
7 Isolante (4cm)	0.05		
8 Solaio lastre predalles(25cm)	4.10	0.20	
9 Impianti	0.20		
10 Tramezzi interni	1.00		
Sovraccarico d'esercizio			4.00
Tot	4.10	3.85	4.00
			11.95



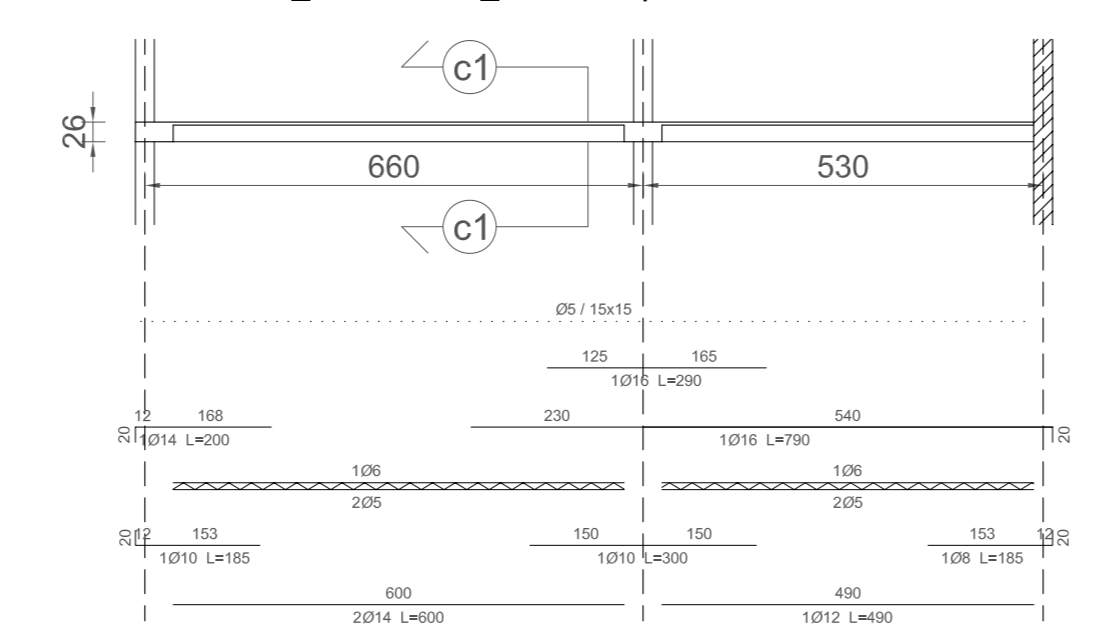
TRAVE SCHEMA 1 (S4+S3) sez A1-A1
SOLAIO A TRAVETTI PREFABBRICATI E PIGNATTE
TAGLIO _ scala 1:10



MOMENTO _ scala 1:10



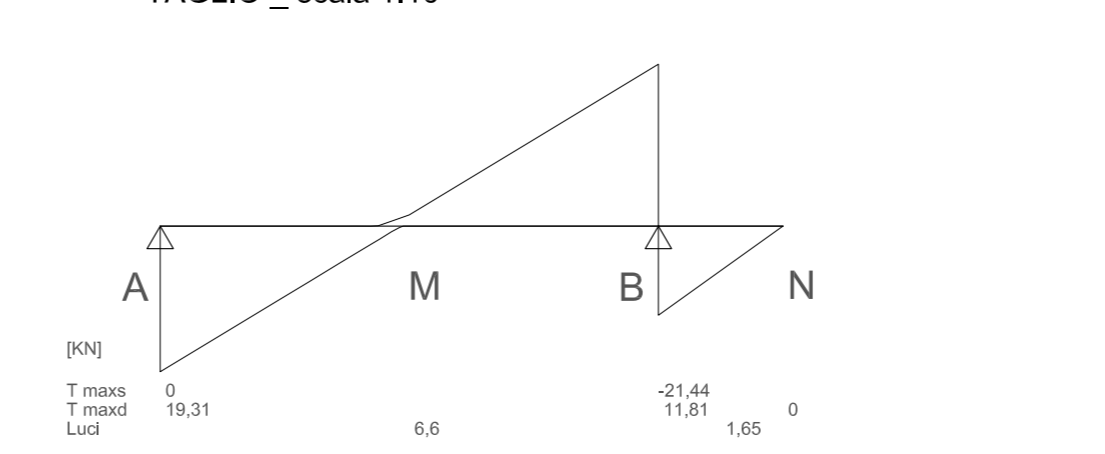
SEZ A1-A1 _ scala 1:100 _ armature per un travetto



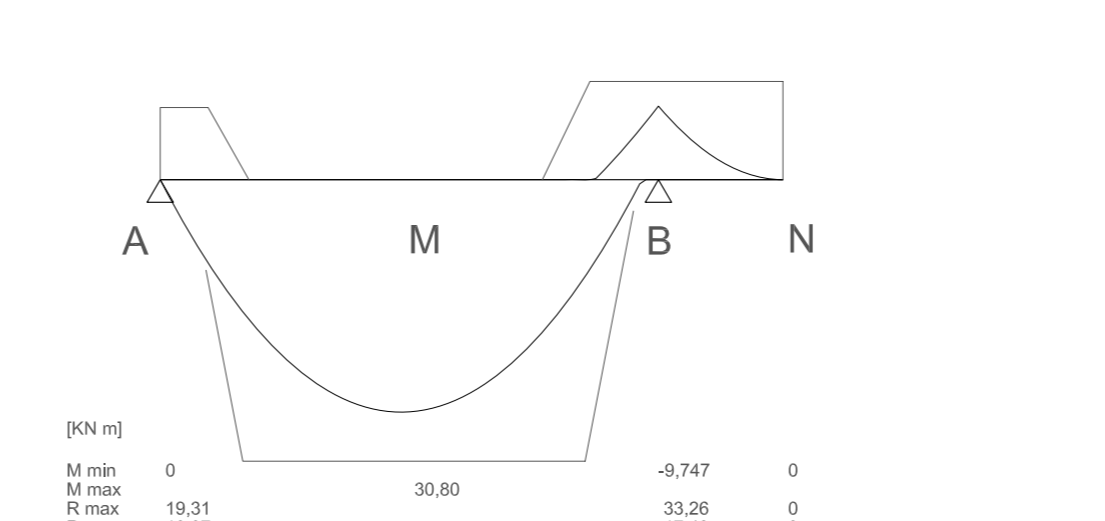
SEZ. c1-c1 (SCALA 1:25)



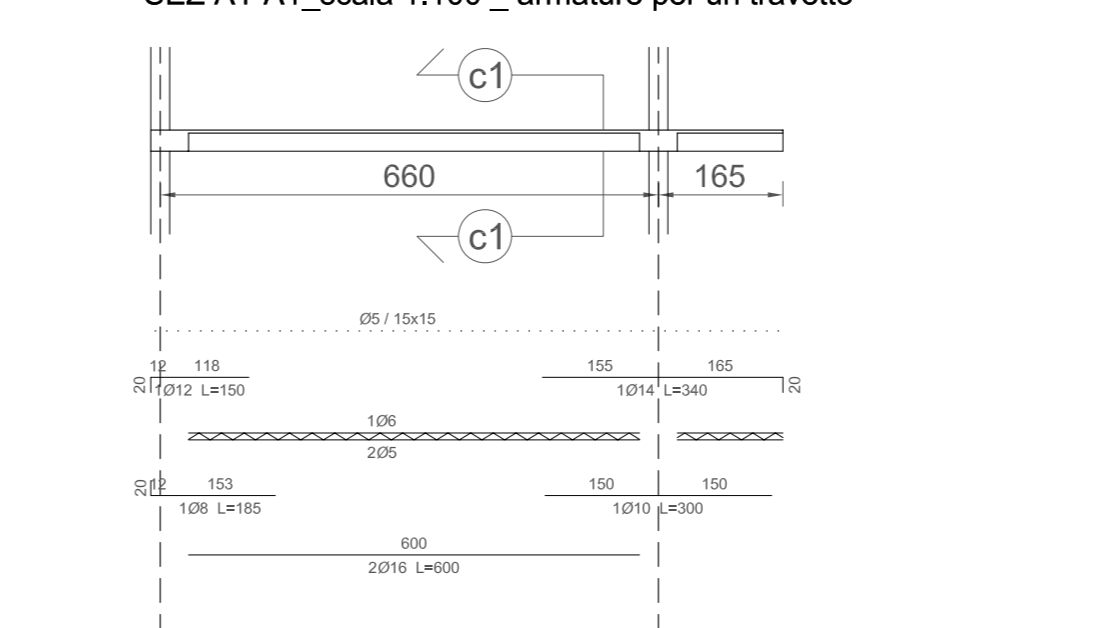
TRAVE SCHEMA 1 (S2+S3) sez A2-A2
SOLAIO A TRAVETTI PREFABBRICATI E PIGNATTE
TAGLIO _ scala 1:10



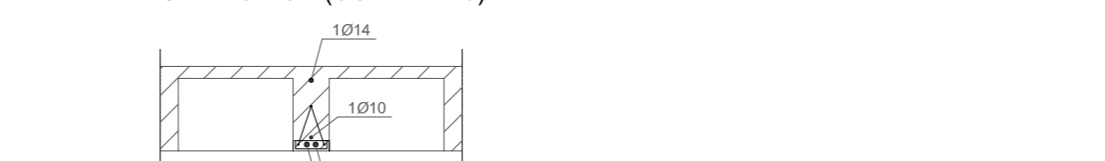
MOMENTO _ scala 1:10



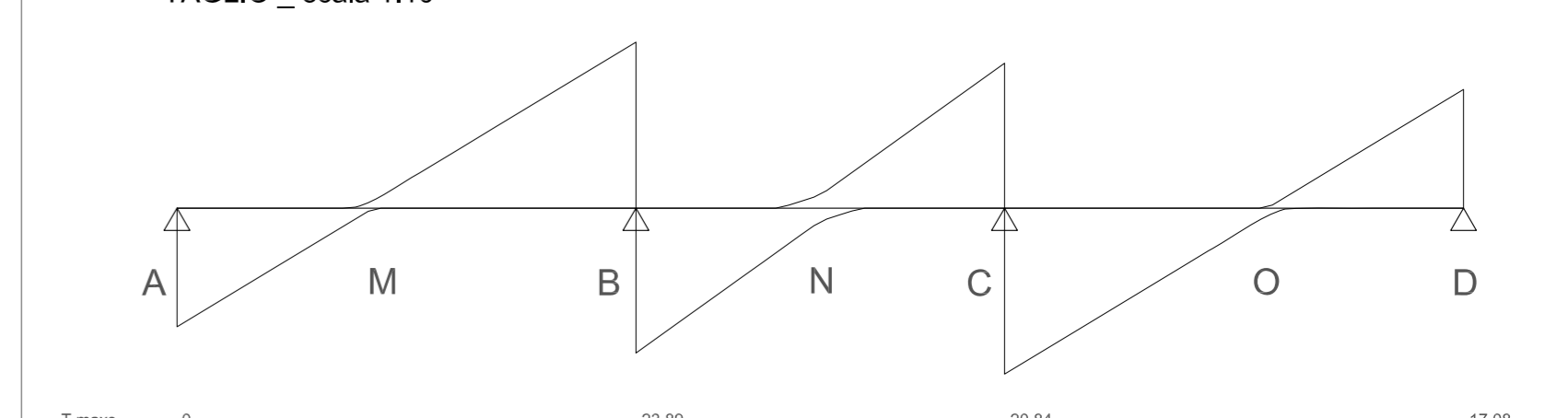
SEZ A1-A1 _ scala 1:100 _ armature per un travetto



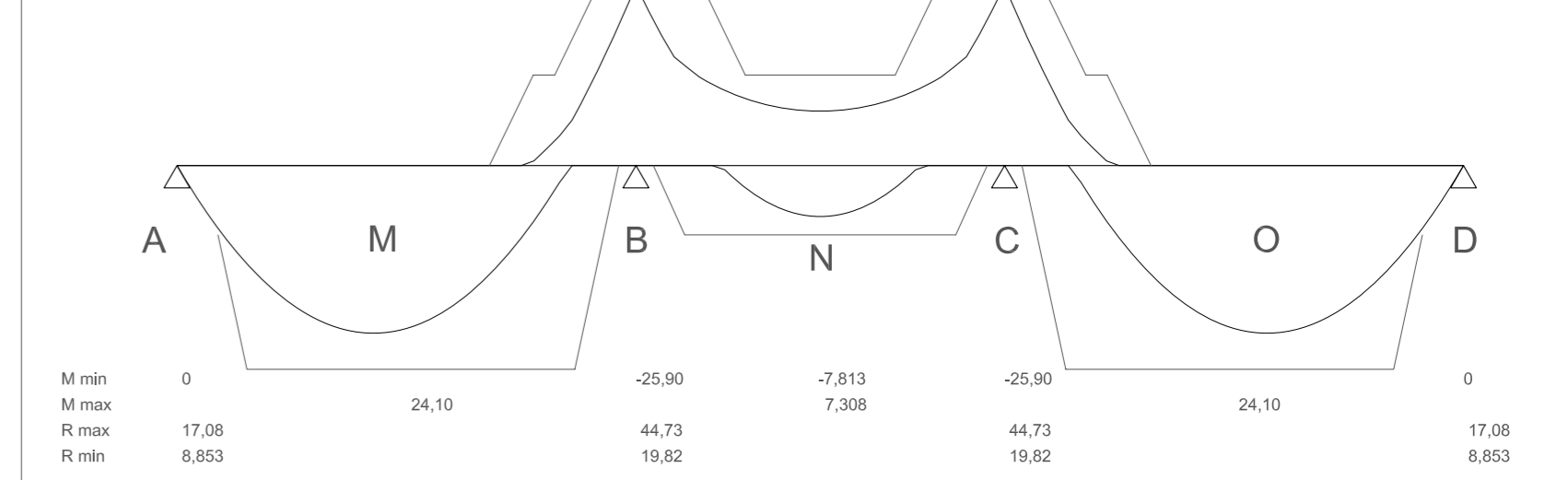
SEZ. c1-c1 (SCALA 1:25)



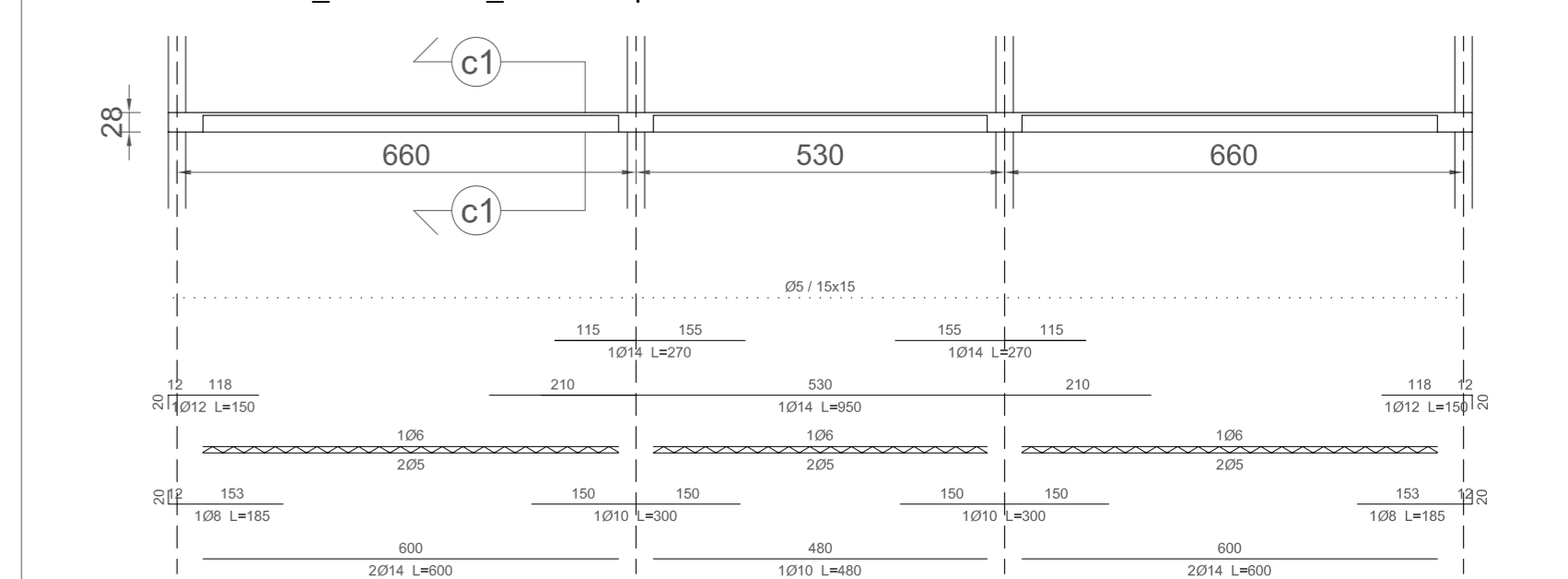
TRAVE SCHEMA 1 (S2+S3+S2) sez A3-A3
SOLAIO A TRAVETTI PREFABBRICATI E PIGNATTE
TAGLIO _ scala 1:10



MOMENTO _ scala 1:10



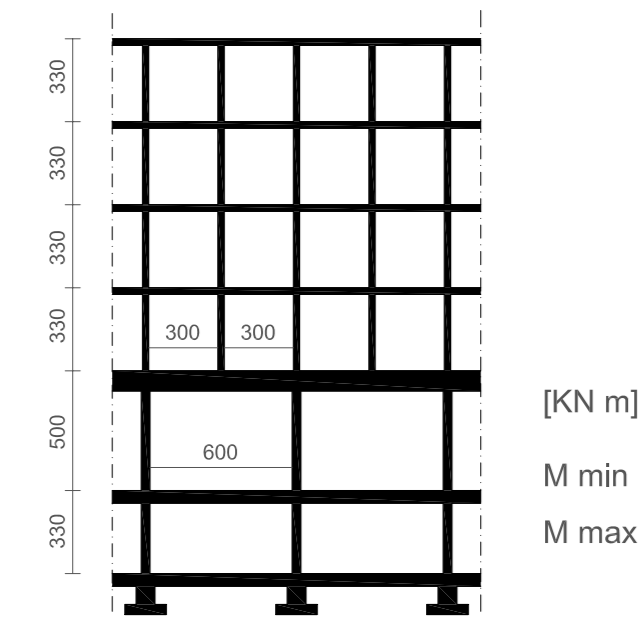
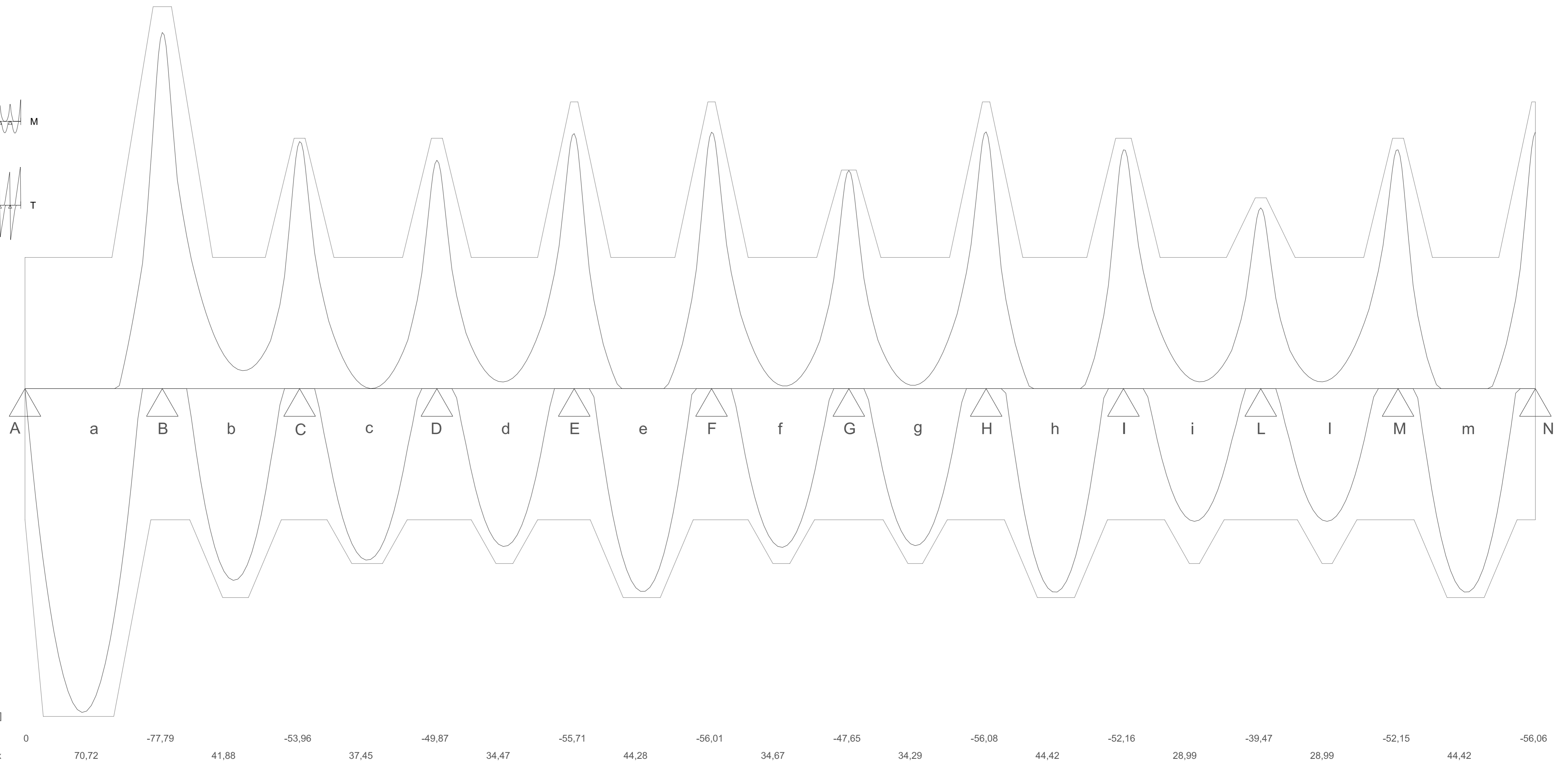
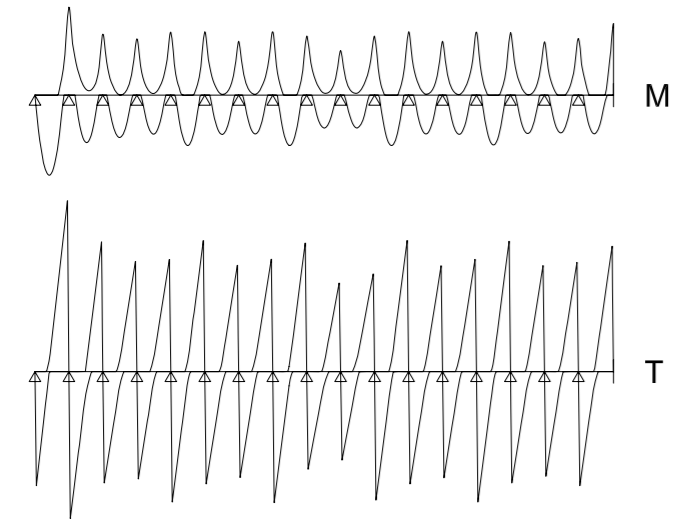
SEZ A1-A1 _ scala 1:100 _ armature per un travetto



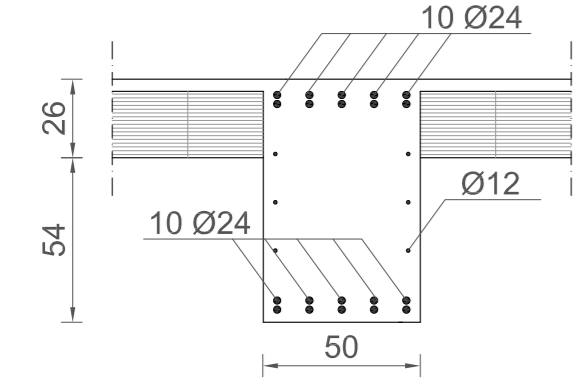
SEZ. c1-c1 (SCALA 1:25)



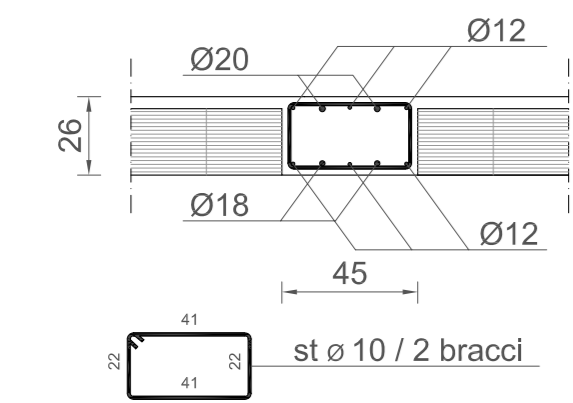
MOMENTO TRAVE P1-02
Sollecitazioni SLU
Sez B1-B1 Scala 1:5



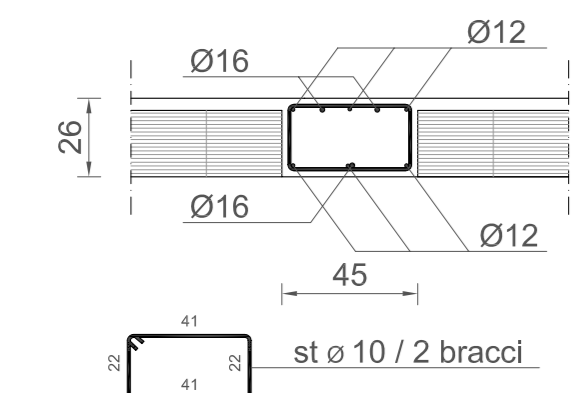
Armatura trave P1-02/P1-03(+5,00m)
Scala 1:25



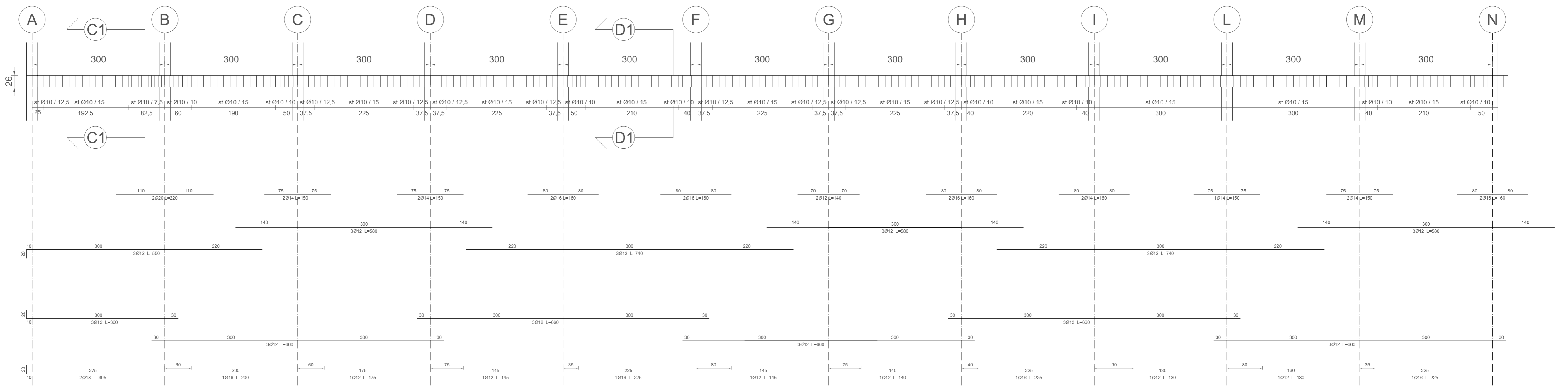
Sez. C1-C1 Scala 1:25



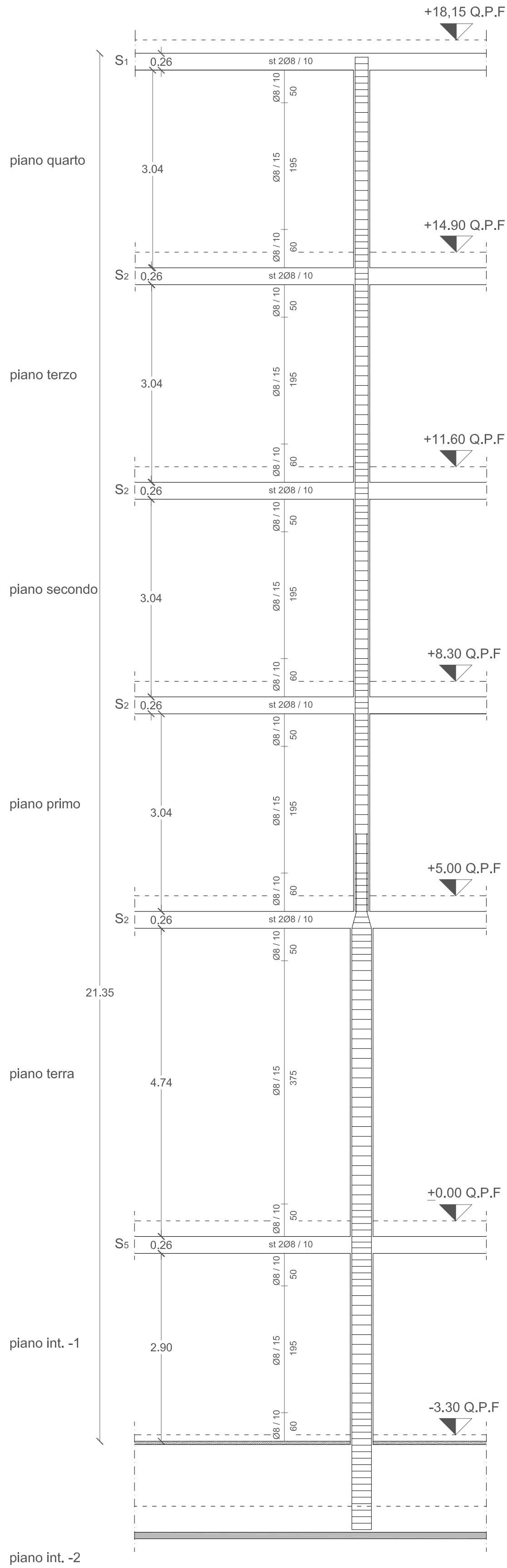
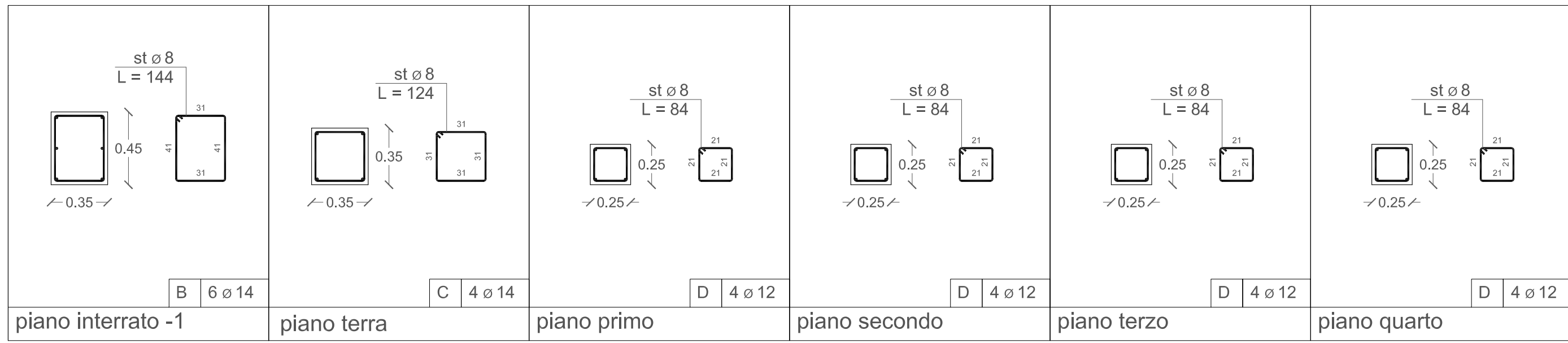
Sez D1-D1 Scala 1:25



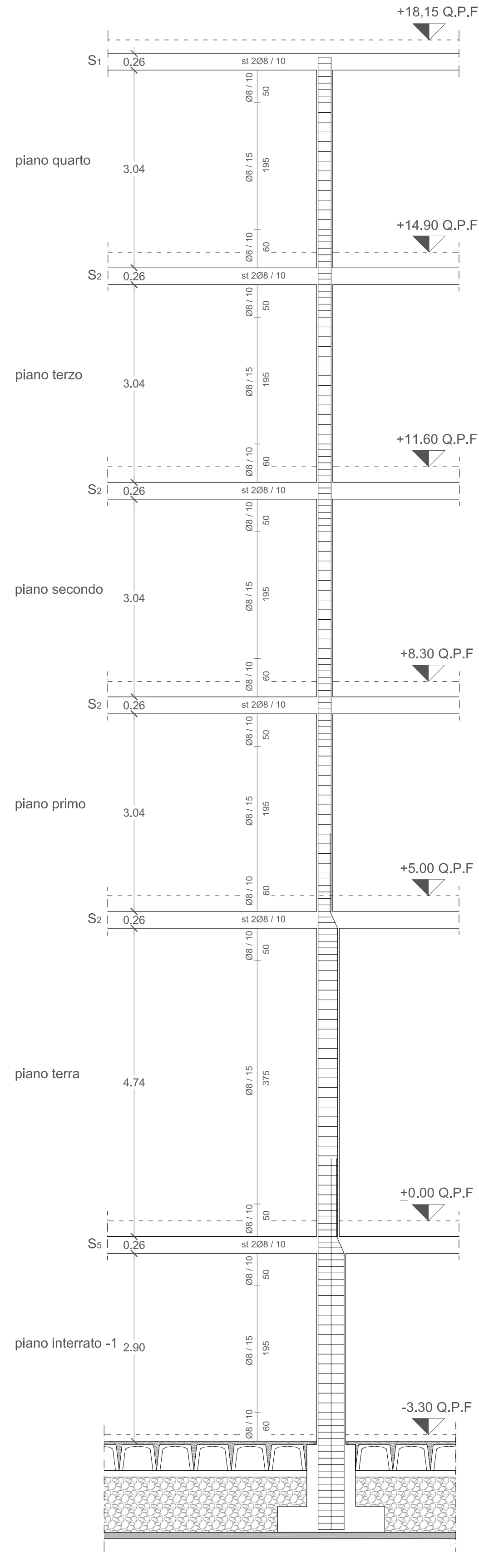
TRAVE P1-02
Sez B1-B1 scala 1:50



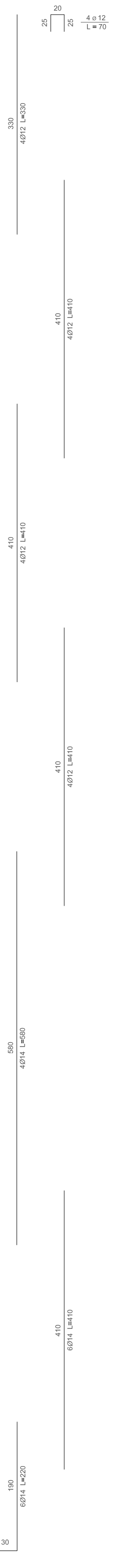
PILASTRO H2 scala 1_25

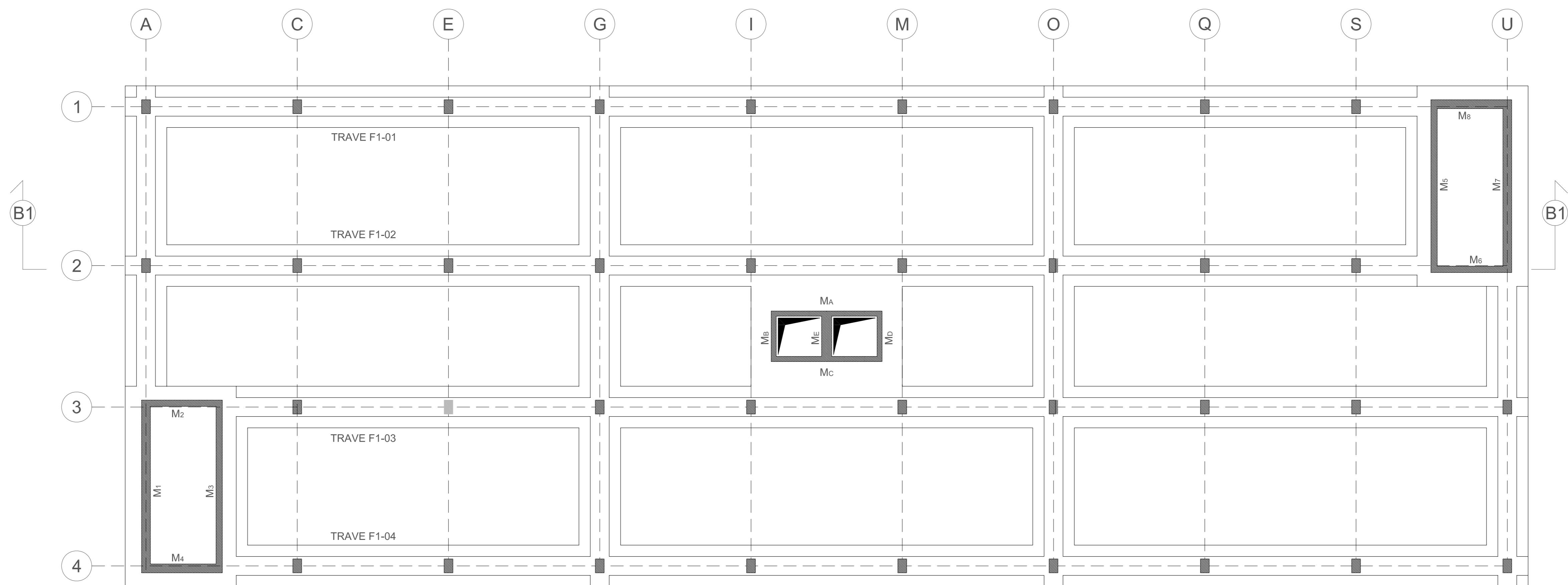


PILASTRO H2 scala 1_50

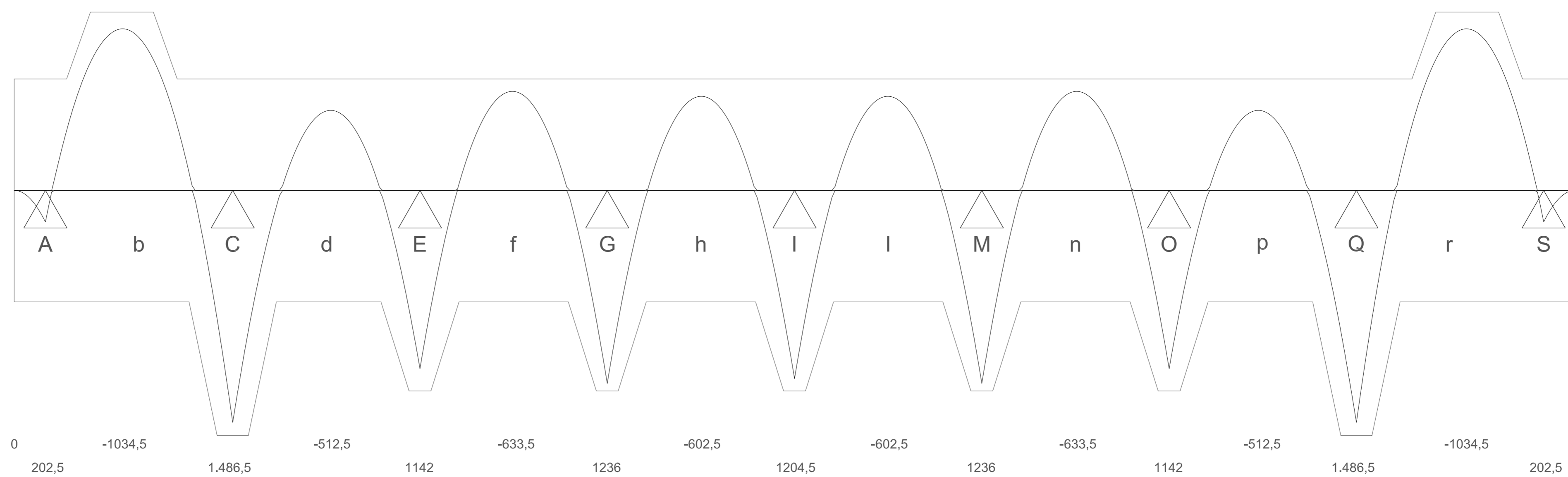
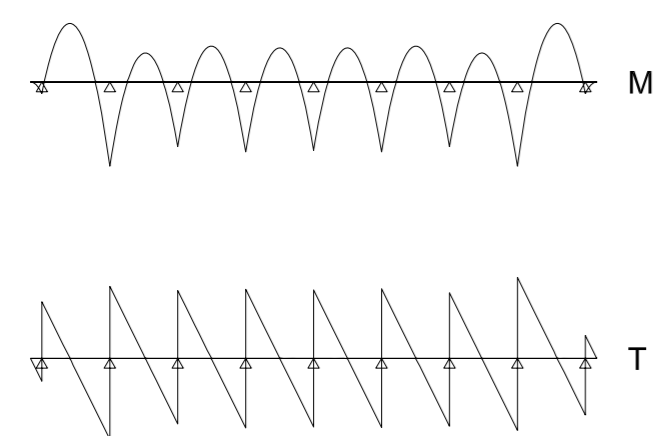


PILASTRO H2 scala 1_50

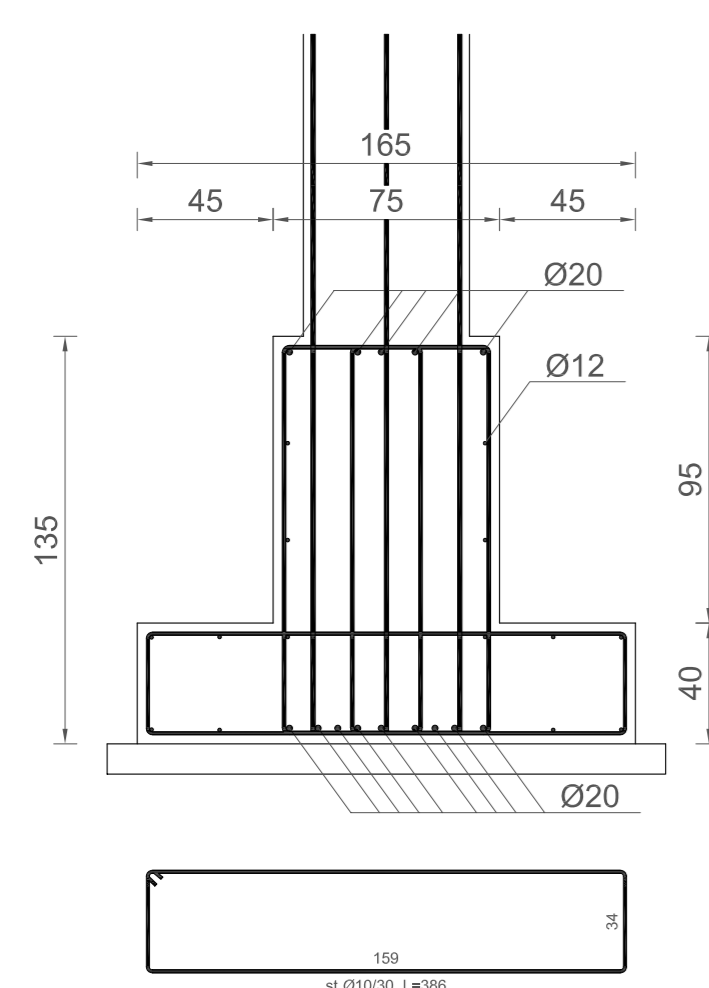




MOMENTO FONDAZIONE F1-02
Sollecitazioni SLE
Sez. B1-B1 Scala 1:200

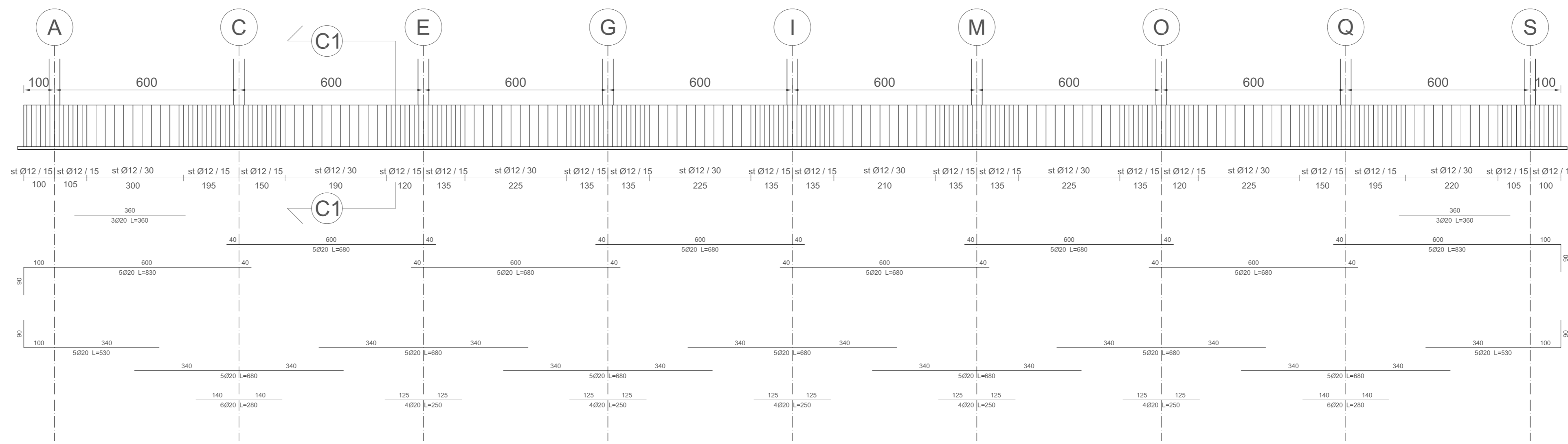
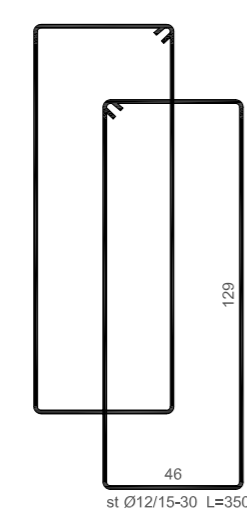


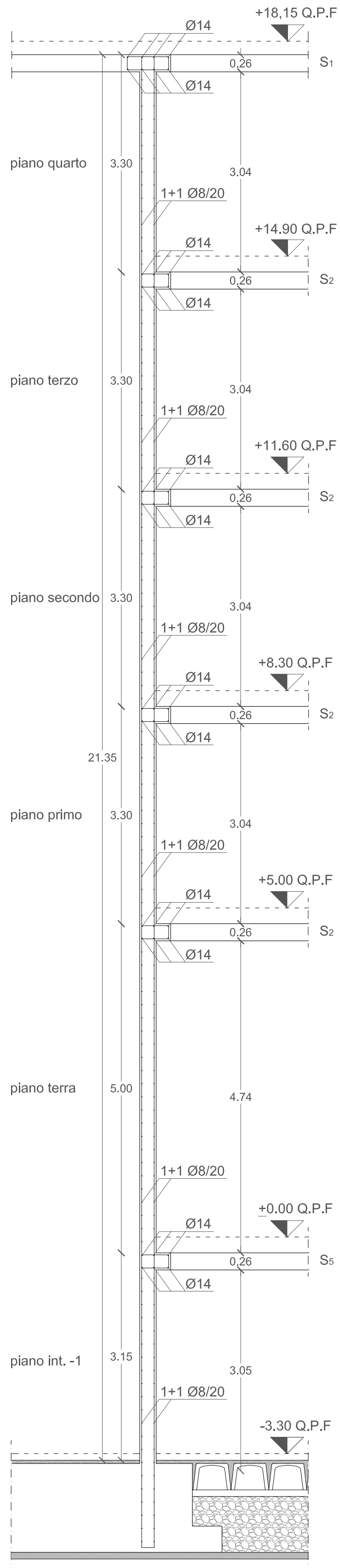
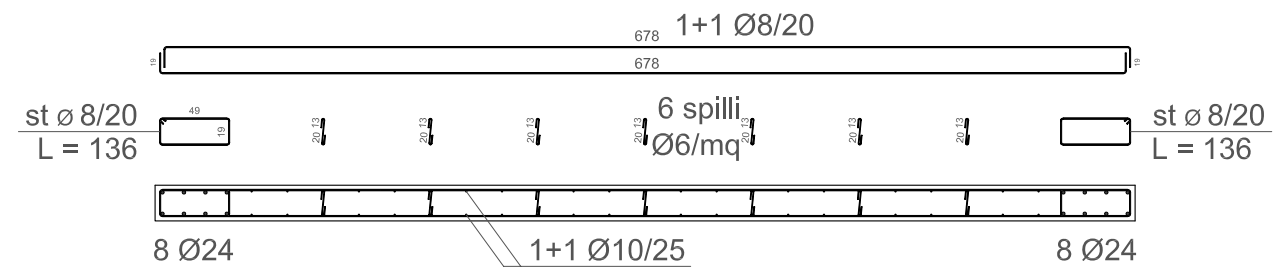
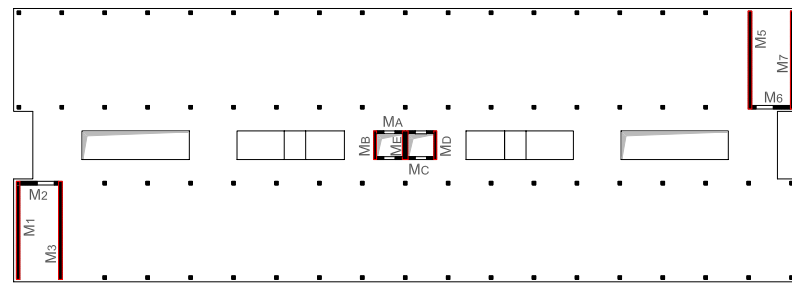
Sez. C1-C1 Scala 1:25



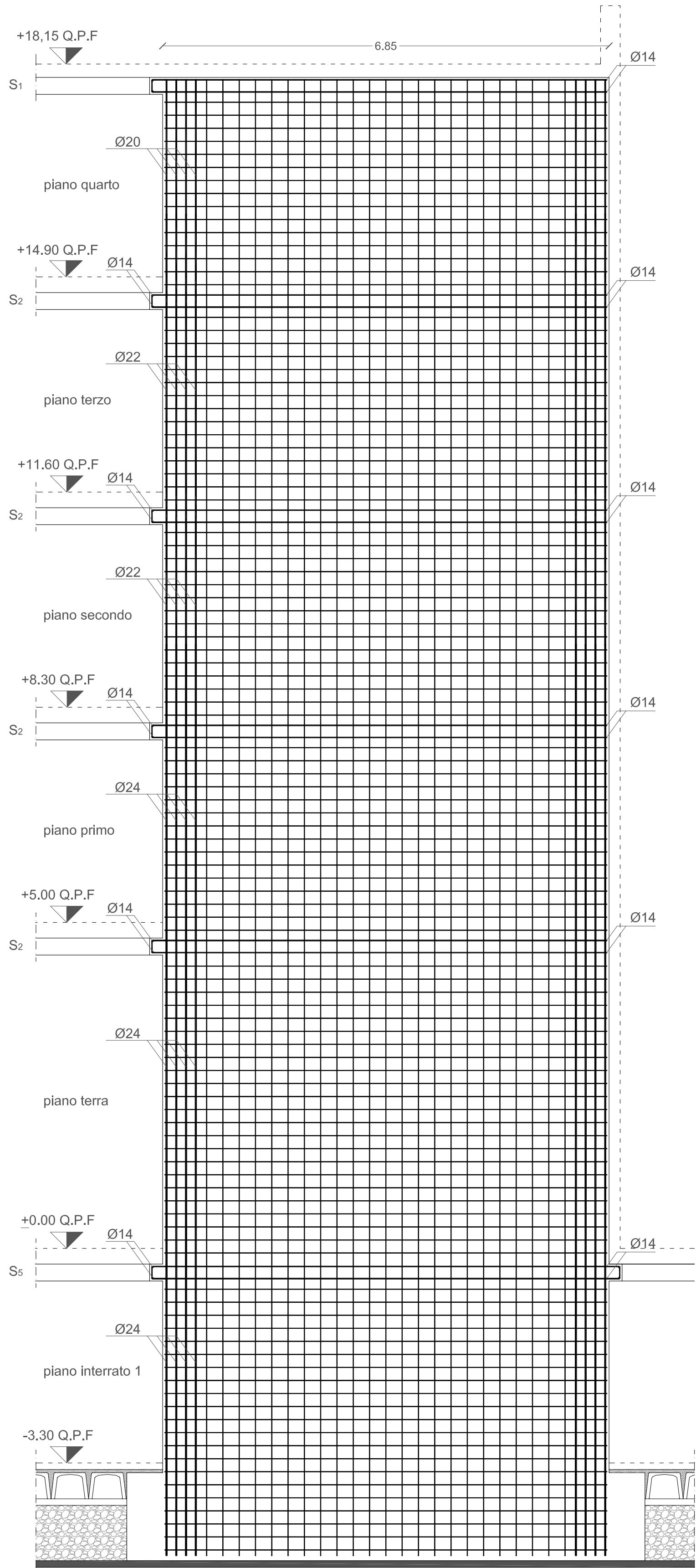
TRAVE DI FONDAZIONE P1-02
Sez B1-B1 scala 1:50

14Ø12 correnti





CONTROVENTO M3 scala 1_50



CONTROVENTO M3 scala 1_50