LA BORSA VALORI DI TORINO, DI ROBERTO GABETTI, AIMARO ISOLA, GIORGIO E GIUSEPPE RAINERI

NOTE SULL'ORGANISMO COSTRUTTIVO E STRUTTURALE

In copertina: Borsa Valori di Torino, vista del cantiere, Foto di Roberto Gabetti, anni Cinquanta. (Archivio Gabetti e Isola)

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in
Architettura per il restauro e valorizzazione del patrimonio
A.a. 2021/2022
Sessione di Laurea Dicembre 2022

La Borsa Valori di Torino, di Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio e Giuseppe Raineri. Note sull'organismo costruttivo e strutturale

Relatore:
Cesare Tocci

Correlatori:
Gentucca Canella
Alessandro Grazzini

Candidati:
Mattia Pescarolo
Jacopo Rosa

Sommario

Introduzione

Capitolo 1 — **Cenni storici sulla Borsa Valori di Torino**

1.1 La Borsa di commercio a Torino, 1850 pp. 16

1.2 La Borsa a Palazzo Marozzo della Rocca pp. 18

1.3 I bombardamenti e le ipotesi di ricostruzione pp. 26

1.4 Il Concorso per la Borsa Valori di Torino, 1952 pp. 32

Capitolo 2

“Stellage 414”. Dal progetto al cantiere

2.1 Dal progetto alla realizzazione pp. 42

2.2 1 Il processo costruttivo pp. 52

2.2.1 1952-1953 Bando di concorso e ricerca dell’impresa di costruzioni pp. 52

2.2.2 1953-55 Consegna lavori e fase di cantiere pp. 52

2.2.3 1957 Il collaudo statico pp. 56

2.3 ‘‘L’architettura nascosta’’ di Giuseppe Raineri pp. 58

Capitolo 3 Analisi costruttiva

3.1 Organizzazione delle strutture resistenti pp. 66

3.1.1 La cupola poligonale pp. 68

3.1.2 Le travi reticolari pp. 70

3.1.3 I telai perimetrali pp. 72

3.2 Sotto la pelle dell'edifico pp. 74

Capitolo 4 Analisi strutturale

4.1 Creazione di un modello simulato pp. 88

4.1.1 Assegnazione dei carichi della struttura pp. 90

4.1.2 Verifica alle tensioni ammissibili pp. 90

4.2 Confronto dei calcoli strutturali Raineri/Giberti con un modello simulato agli elementi finiti pp. 92

4.2.1 Il modello di studio pp. 96

4.2.2 Considerazioni pp. 100

4.3 Verifica sismica dell'edificio pp. 102

4.3.1 Assegnazione norma vigente e verifica agli stati limite pp. 102

4.3.2 Livello di conoscenza, fattore di confidenza e valutazione della pericolosità sismica pp. 102

4.3.3 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento per l'azione sismica pp. 102

4.3.4 Spettri pp. 104

4.3.5 Valutazione classe di rischio sismico e relativi interventi di miglioramento pp. 114

4.3.6 Considerazioni pp. 124

Conclusioni pp. 126

Bibliografia pp. 128

Apparati pp. 136

Ove non altrimenti specificato, gli elaborati presenti sono rielaborazioni degli autori del volume.

Introduzione

«E con lui [Giorgio Raineri] ho frequentato e conosciuto Beppe, il fratello primogenito, vero ingegnere forte, che sa le cose e le sa anche imporre; e che ha una sua visione che pencola verso l'architettura, verso il gioco dello spazio, verso quello che usualmente chiamo il "gusto architettonico" non nel senso della sua storicizzazione corrente, ma nel senso della virtualità che l'ingegneria può dare all'architettura» (Roberto Gabetti, 1999).

La Tesi affronta il caso studio della Borsa Valori di Torino – realizzata nei primi anni Cinquanta da Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri e con il contributo d'eccezione di Giuseppe Raineri, ingegnere, autore del progetto strutturale, e dismessa dalla fine degli anni Novanta –, cercando di evidenziarne il singolare rapporto tra struttura ed espressione che in modo del tutto complementare al disegno distributivo e alla funzione, contribuisce alla definizione dei caratteri percettivi e figurativi dell'opera.
L'analisi della documentazione storica ripercorre le prime fasi di fine Ottocento con l'istituzione della nuova funzione di Borsa valori in via Alfieri, il successivo trasferimento prima nel Palazzo d'Agliano e poi, seppur temporaneo, nel Circolo degli artisti, fino al concorso bandito dalla Camera di Commercio di Torino nel 1951 e alla costruzione del palazzo della Borsa Valori, terminato nel 1956. Un racconto che attraversa le epoche, dai bombardamenti al boomeconomico degli anni Cinquanta-Sessanta e che sembra concludersi nel 1997, con la nascita della Borsa Italiana e l'introduzione del sistema telematico.
Lo studio dei preziosi elaborati architettonici e strutturali dell'Archivio Gabetti e Isola e della corrispondenza tra impresa costruttrice, progettisti e Camera di Commercio, committente e ancora oggi proprietaria della Borsa Valori torinese, hanno consentito di ripercorrere, fino alla scala del dettaglio, le complesse fasi di cantierizzazione.
In particolare si sono analizzati i caratteri costruttivi dell'edificio confrontando le diverse soluzioni proposte degli autori con quanto effettivamente realizzato.
Conclude l'elaborato di Tesi un approfondito studio (sviluppato anche attraverso una modellazione puntuale agli elementi finiti) di verifica del comportamento dell'edificio in risposta ai carichi statici e dinamici con la doppia finalità di comprendere, per un verso il complesso sistema strutturale (per confronto con schemi e calcoli originari adottati dai progettisti negli anni Cinquanta) e, per altro verso, di individuare eventuali criticità del sistema stesso in presenza delle azioni sismiche che le normative attuali impongono di considerare in occasione dell'intervento su edifici esistenti.

Introduction

«And with him [Giorgio Raineri] I frequented and got to know Beppe, the eldest brother, a truly strong engineer, who knows things and also knows how to impose them; and which has its own vision that leans towards architecture, towards the play of space, towards what I usually call the "architectural taste" not in the sense of its current historicization, but in the sense of the virtuality that engineering can give to architecture» (Roberto Gabetti, 1999).

The Thesis deals with the case study of the Turin Stock Exchange – created in the early Fifties by Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri and with the exceptional contribution of Giuseppe Raineri, engineer, author of the structural project, and abandoned since the end of the '90 -, trying to highlight the unique relationship between structure and expression which, in a completely complementary way to the distributive design and function, contributes to the definition of the perceptive and figurative characteristics of the work.
The analysis of the historical documentation traces the early stages of the late nineteenth century with the establishment of the new function stock exchange in via Alfieri, the subsequent transfer first to the Palazzo d'Agliano and then, albeit temporary, to the Circle of artists, until the competition announced by the Chamber of Commerce of Turin in 1951 and the construction of the stock exchange building, completed in 1956. A story that go through the ages, from the bombings to the economic boom of the Fifties-Sixties and which seems to end in 1997, with the birth of the Italian Stock Exchange and the introduction of the telematic system.
The study of the precious architectural and structural drawings of the Gabetti and Isola archives and of the correspondence between
construction company, designers and Chamber of Commerce, client and still today owner of the Stock Exchange of Turin, have made it possible to retrace the complex phases of the construction site down to the scale of detail.
In particular, the constructive characteristics of the building were analyzed by comparing the different solutions proposed by the authors with what has actually been done.
The thesis work concludes with an in-depth study (also developed through precise modeling in finite elements) to verify the behavior of the building in response to static and dynamic loads with a dual purpose to understand, on the one hand, the complex structural system (by comparison with the original schemes and calculations adopted by designers in the fifties) and, on the other hand, to identify any critical issues of the system itself in the presence of seismic actions that the current regulations require to consider when intervening on existing buildings.

Cenni storici sulla Borsa Valori di Torino

Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori. (Archivio Gabetti e Isola e Camera di Commercio, Torino, «https://www.to.camcom.it/ex-borsa-valori»).

1.1 La Borsa di commercio a Torino, 1850

Nel 1850 il Regno Sardo–Piemontese contava poco più di 4 milioni di abitanti.Era caratterizzato da un'economia elementare e aveva un sistema finanziario alquanto modesto.
Il Bilancio statale non raggiungeva gli 80 milioni di Lire di entrate e il Paese poteva contare solo su poche aziende a carattere familiare che faticavano ad espandersi per mancanza di liquidità e di opportune correnti di credito.
Nel novembre del 1850 venne emesso a Torino il decreto legge con il quale si istituiva una Borsa di commercio (poi Borsa Valori), con sede, dopo numerose peregrinazioni, presso il Palazzo del «Condizionamento sete», in via Alfieri 9.
Il documento contiene in sé un alto valore morale. Si tratta infatti di un'opera volta alla creazione di un Istituto in grado di attrarre i limitati risparmi e ridistribuirli al fine di risvegliare l'economia del Paese (Ezi, 1950).
Nel secondo Ministero d'Azeglio, l'allora Ministro dell'agricoltura e commercio del Regno di Sardegna Camillo Cavour, attento conoscitore dei sistemi economico finanziari dei paesi più avanzati, contemporaneamente all'atto del 1850, si fece carico di promuovere la nascita di un organismo bancario solido e affidabile da affiancare al sistema della Borsa Valori (Ezi, 1950). Proprio nel 1850 infatti, le banche di Torino e Genova si fusero insieme dando origine alla Banca Nazionale degli Stati Sardi, la quale diventerà Banca Nazionale del Regno d'Italia ed infine Banca d'Italia. A solo due anni dalla nascita, il capitale della banca venne elevato da L. 4 milioni a L. 32 milioni, favorendo la comparsa delle succursali di Nizza, Vercelli, Alessandria ed infine Cagliari nel 1854.
Le idee del Ministro delle Finanze, in un primo momento, inquietarono le menti ''ristrette''; non tutti infatti all'epoca seppero difendere tali azioni poiché sarebbe stato necessario possedere una consistente conoscenza politica e sociale per poter comprendere l'importanza di tale funzione all'interno delle attività dello Stato (Ezi, 1950).
Inizialmente la corrente dei traffici del Regno non era paragonabile ai movimenti finanziari degli Stati più progrediti, ma nonostante ciò la produzione e gli scambi furono da subito caratterizzati da un ritmo di pieno incremento affiancando il Governo verso il risveglio delle attività agricole e la nascita delle prime industrie.
Nonostante la timida partenza, gli episodi che si sono susseguiti tra il 1859 e la nascita del Regno d'Italia fecero sorgere in altre città ulteriori Borse Valori, portando su un piano decisamente più elevato i problemi economici dell'ormai passato Regno Sardo-Piemontese.

26 novembre 1850.

Decreto che stabilisce nella città di Torino una Borsa di commercio.

VITTORIO EMANUELE II ecc. ecc.

Visti gli art. 71 e seguenti del codice di commercio:

Sulla proposizione del nostro ministro segretario di Stato per la marina, l'agricoltura ed il commercio

Abbiamo decretato e decretiamo quanto segue:

Art. 1. È stabilita nella città di Torino una Borsa di commercio.

Art. 2. Essa verrà aperta in una sala appositamente preparata nel nuovo locale del condizionamento delle sete.

Art. 3. La Borsa rimarrà accessibile al pubblico in tutti i giorni non feriati, nelle ore prescritte dal regolamento.

Art. 4. Saranno ammessi alla Borsa tutti i regnicoli godenti dei diritti civili, e non specialmente esclusi dall' art. 74 del codice di commercio.

Art. 5. Per il servizio e l'amministrazione della Borsa sarà compilato dalla Camera di commercio, e sottoposto all' approvazione del nostro ministro d'agricoltura, commercio e marina un progetto di regolamento.

Art. 6. Le spese di primo stabilimento per il locale della

Borsa, e le annuali pel mantenimento ed esercizio, saranno sopportate dalla Camera di agricoltura e commercio.

Il ministro segretario di Stato suddetto è incaricato dell'esecuzione di questo decreto.

Torino, addì 26 novembre 1850.

VITTORIO EMANUELE.

Decreto del Re Vittorio Emanuele II che stabilisce una Borsa di commercio nella città di Torino. (Aliberti et al., 1850)

1.2 La Borsa a Palazzo Marozzo della Rocca

Data l'autonomia e il positivo bilancio della Camera di Commercio torinese, l'Ente si mosse in cerca di una nuova sede in sostituzione all'inadeguato stabile di via Alfieri, chiamato comunemente «Palazzo del diavolo». Tale edificio infatti, secondo i dirigenti della «Camera di commercio ed arti di Torino», non risultava adeguato a contenere tutte le attività previste. In particolar modo la Borsa degli scambi mancava di un'opportuna sistemazione che risultasse idonea, sia in senso simbolico che in senso pratico, ad ospitare le operazioni di compravendita.
Nel corso di una riunione del 29 aprile 1871, il presidente Giovanni Battista Tasca dispose l'acquisto di Palazzo Marozzo della Rocca[1], nonostante alcuni componenti dell'organo lamentassero, oltre alla non centralità del palazzo, le sue pessime condizioni edilizie. Tuttavia, l'acquisto fu ufficialmente definito il 28 novembre 1871, proprio mentre lo stabile di via Alfieri subiva un incendio (Tamagno,2010).
Secondo le fonti, gli interventi di ristrutturazione dovettero essere ingenti. Palazzo Marozzo infatti, dal 1868, risultava in possesso dell'Istituto Internazionale, «una sorta di collegio» che in soli tre anni riuscì ad offuscarne l'antico splendore vendendone quadri e statue e adattando il salone d'onore addirittura a cucina (Tamagno,2010).
In seguito all'allargamento del mercato azionario, nonché ad un generale sviluppo sul piano economico della provincia di Torino, dopo aver utilizzato l'immobile per circa un trentennio, la Camera di Commercio dispose progetti per l'ampliamento dei fabbricati per la stagionatura della seta, oltre alla costruzione di un basso fabbricato che servisse come salone delle contrattazioni (Tamagno,2010).
Non essendo stato possibile, per via degli avvenimenti bellici, tracciare l'intenso processo progettuale portato avanti dalla Camera di Commercio sul nuovo lotto tra via Cavour, via San Francesco da Paola e l'attuale via Giolitti, ci si è dovuti basare sui disegni, di fine anni Trenta, dell'architetto Paolo Musso, conservati all'interno dell'archivio Musso Clemente presso il Castello del Valentino (Politecnico di Torino). L'architetto, divenuto consulente di fiducia della Camera, presentò infatti una serie di progetti (con relative varianti architettoniche) per la costruzione di un palazzo in stile ''moderno'' che ospitasse le funzioni esterne all'Ente, in modo tale da lasciare nel palazzo barocco le funzioni di rappresentanza.
Il primo progetto, datato «Agosto XVI dell'era fascista»[2], consisteva nella proposta di realizzare un secondo salone delle contrattazioni sulla parte libera del giardino, denominato «Mercato granario»; il secondo invece, decisamente più rilevante, porta la data aprile 1939, e consiste nell'innalzamento di un edificio a cinque piani fuori terra, caratterizzato da un prestigioso ingresso utile per accogliere gli uffici destinati al pubblico.

[1] Palazzo Marozzo della Rocca è noto anche come Palazzo d'Agliano, dai nomi dei casati che ne ebbero la proprietà.

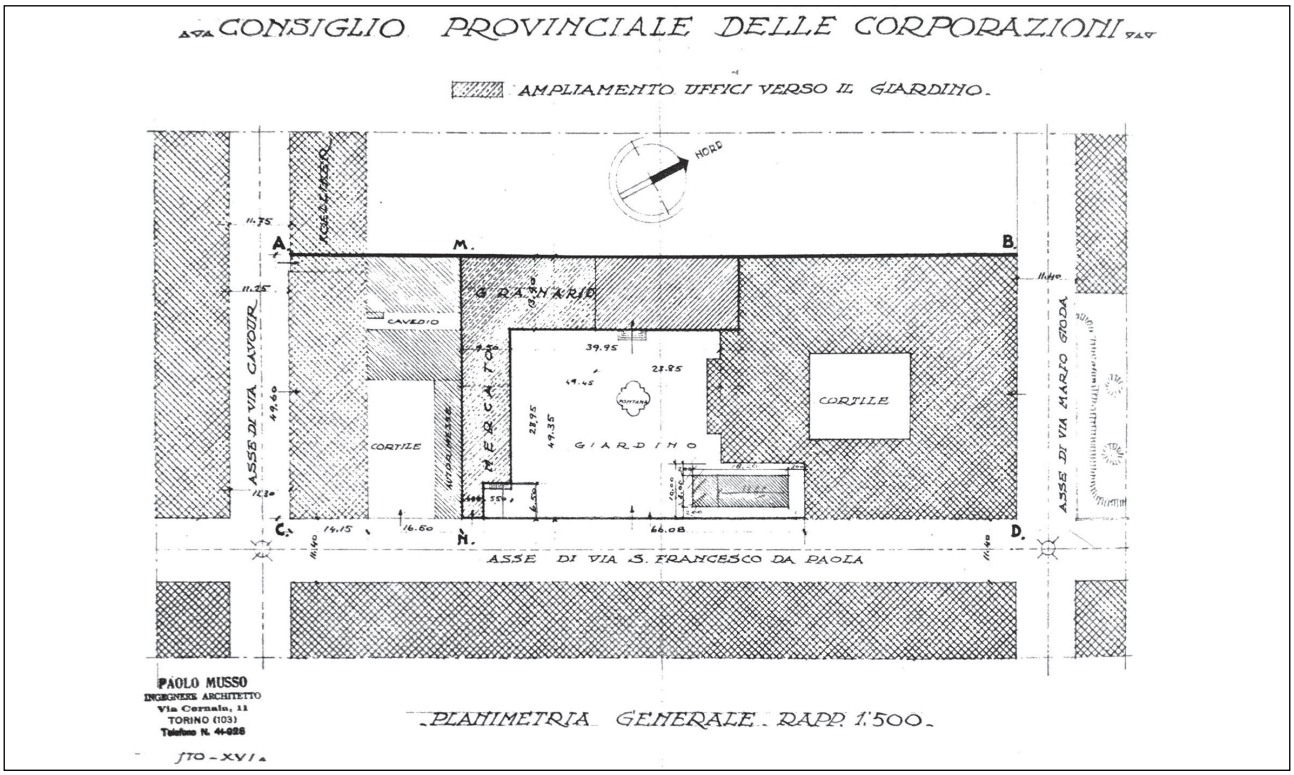
[2] Con Agosto XVI dell'era fascista si intende l'agosto del 1938.

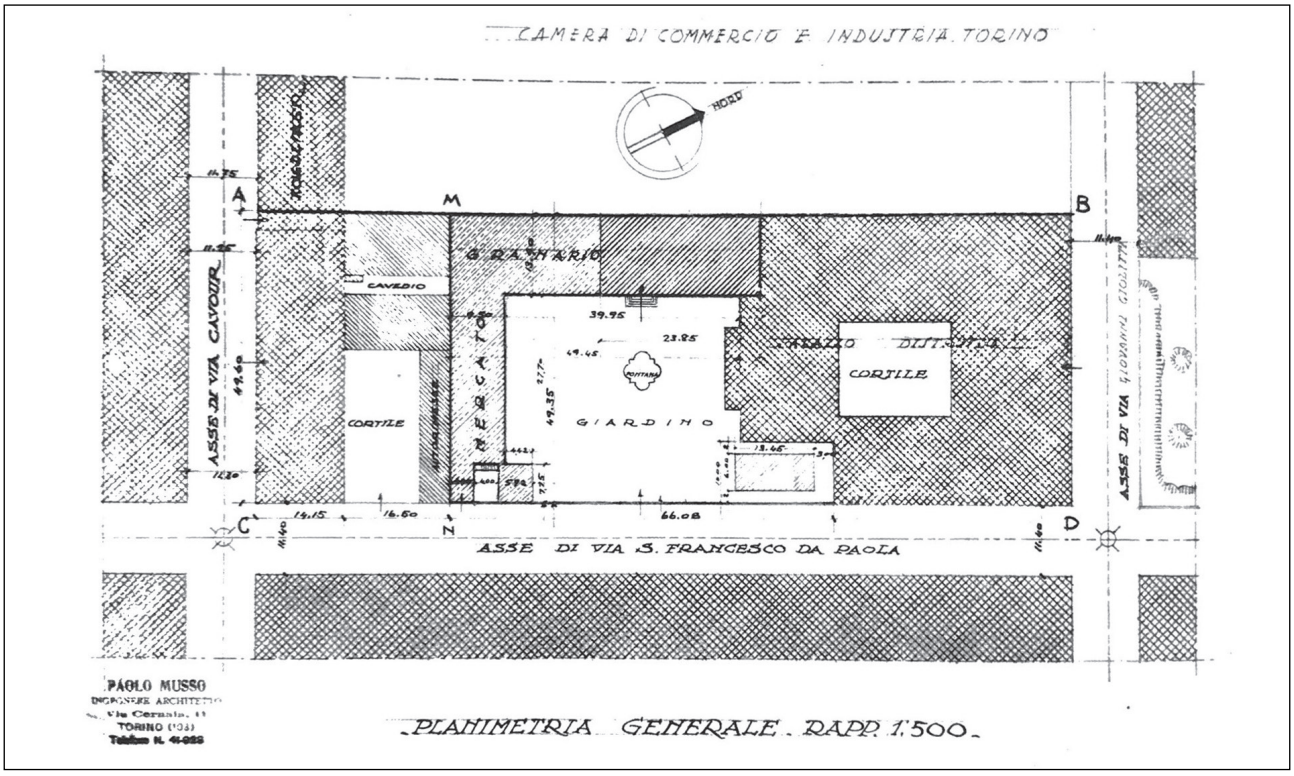
G.C. Dell'Armi, La facciata di Palazzo Marozzo della Rocca. (G.C. Dell'Armi, 1916)

G.C Dell'Armi, Palazzo Morozzo della Rocca, l'atrio d'onore. (G.C. Dell'Armi, 1916)

G.C Dell'Armi, Palazzo Morozzo della Rocca, la galleria al primo piano. (G.C. Dell'Armi, 1916)

G.C Dell'Armi, Palazzo Morozzo della Rocca, lo scalone. (G.C. Dell'Armi, 1916)





In alto: Paolo Musso, Sistemazione dell'area del Mercato agrario, planimetria generale dell'area di Palazzo Marozzo, fine anni Trenta. (Archivio Musso Clemente 918.13)

In basso: Paolo Musso, Variante per la sistemazione dell'area del Mercato agrario, planimetria generale dell'area di Palazzo Marozzo, fine anni Trenta. (Archivio Musso Clemente 918.22)

Paolo Musso, Mercato agrario, schizzo prospettico dell'atrio ingresso, anni Trenta. (Archivio Musso Clemente 918.8B)

Paolo Musso, Nuovo fabbricato previsto su via San Francesco da Paola angolo via Cavour, schizzo prospettico, anni Trenta. (Archivio Musso Clemente 918.11B)

1.3 I bombardamenti e le ipotesi di ricostruzione

Lo scoppio della guerra e, in particolare, il bombardamento della RAF al Palazzo Marozzo durante l'inverno tra il 1942 e il 1943, unito alla scarsità di fondi, impedì la realizzazione del progetto di Musso.
La quasi totale distruzione della sede camerale decretò uno smembramento degli uffici che furono trasferiti in altre sedi. Nel luglio del 1943, in questo disastroso scenario, con gran parte delle risorse pubbliche e private concentrate al riarmo, gli architetti Paolo Musso e Luigi Giay proposero idee per la nuova sede per la Camera di Commercio, facendo sorgere i loro progetti nell'area di piazza San Giovanni, di fronte al Duomo cittadino (lotto disponibile da tempo), o nell'area compresa tra via Gioda e via San Francesco da Paola, dove erano ancora presenti i resti di Palazzo Marozzo.
Dopo i tragici eventi bellici, la Borsa venne trasferita in una serie di sedi provvisorie; il Conservatorio musicale, Palazzo Cavour, Palazzo Rossi di Montelera, il Collegio San Giuseppe, Palazzo Granieri ed infine in via Bogino 9, presso una sala del Circolo degli Artisti adattata in modo tale da permettere lo svolgimento di riunioni e di attività legate alla funzione della Borsa.
Nonostante i numerosi adattamenti ad edifici esistenti, non sempre tipologicamente appropriati, le attività della Borsa torinese erano tali da mantenere una posizione di spicco tra le altre istituzioni finanziarie italiane.
Benché l'opinione pubblica avrebbe preferito la ricostruzione della sede del Politecnico, anch'essa distrutta durante le incursioni aeree, il 28 febbraio 1946, la Giunta Camerale decise di nominare una commissione di studio «per la ricostruzione della sede camerale presso Palazzo Marozzo o altrove», spinta anche della richiesta del Circolo degli Artisti di liberare i locali che occupava provvisoriamente all'indomani dei bombardamenti (Tamagno,2010).
Dando per scontata la demolizione dei resti dell'edificio barocco, in una sola settimana la commissione riuscì a restituire quanto prodotto alla Giunta, la quale a sua volta il 9 marzo deliberava di procedere alla costruzione di una nuova sede sul lotto di Palazzo Marozzo.
Si diede l'incarico all'architetto Musso di redigere due progetti, un primo di massima e un secondo più dettagliato, per la costruzione di quella che avrebbe dovuto essere la nuova sede, base per un concorso che la Giunta aveva intenzione di proporre dopo un ulteriore necessaria raccolta di dati.
Il problema si presentò quando la Commissione consultiva ai monumenti non tolse il vincolo di ricostruzione a Palazzo Morozzo, rendendo impossibile la sua demolizione e conseguentemente la nascita dei progetti proposti.
La battaglia tra Soprintendenza e Camera di Commercio, durata tutto il 1947, portò i tempi di attesa ad allungarsi e pertanto si optò per la sistemazione della Camera di Commercio a Palazzo Cavour, mentre la Borsa continuò «provvisoriamente» ad essere ospitata presso il Circolo degli Artisti, nonostante il vano tentativo di trasferimento

In alto: Palazzo Morozzo della Rocca dopo i bombardamenti: il fronte su Via Giolitti e scorcio del risvolto su via San Francesco da Paola. (Archivio Musso Clemente 918.20)

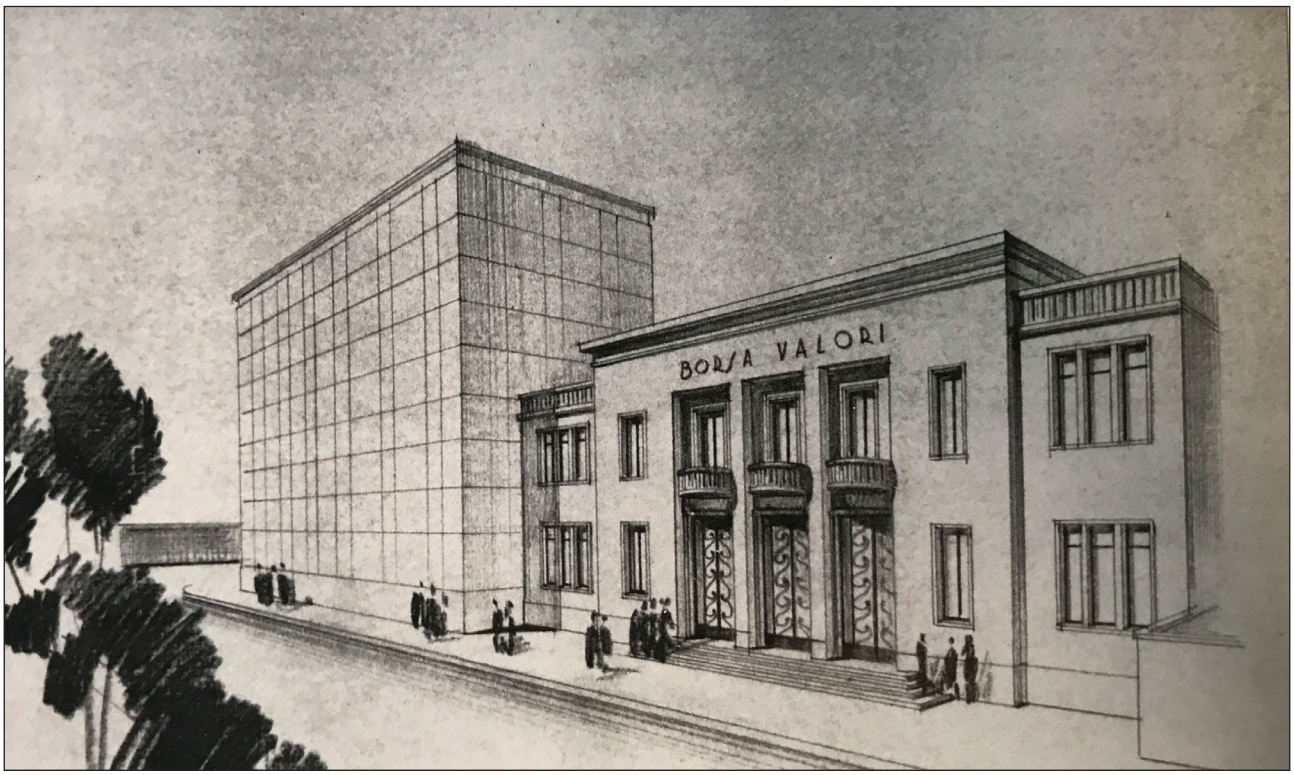
In basso: Palazzo Morozzo della Rocca dopo i bombardamenti dell'inverno: scorcio dell'atrio d'onore. (Centro di Documentazione della Camera di Commericio di Torino)

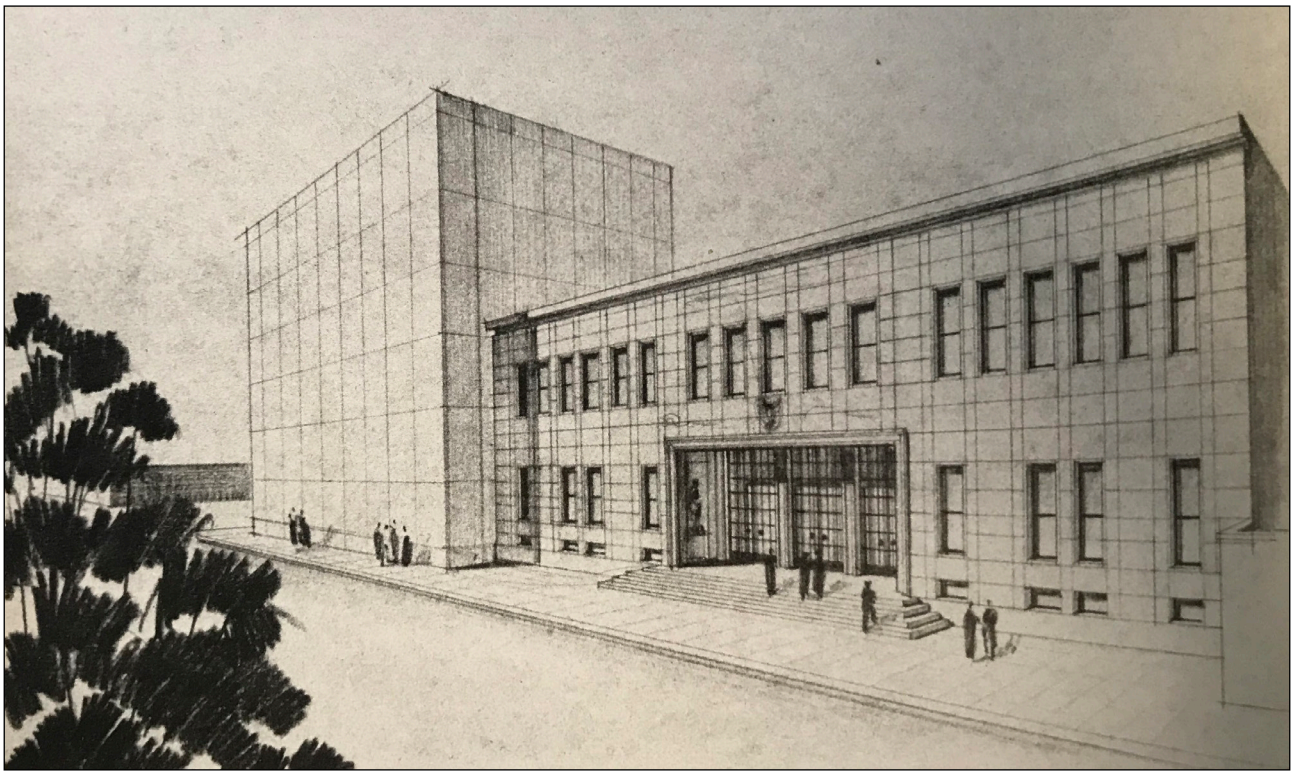
all'interno dei locali di Palazzo Carignano. L'Ente tentò di risolvere questa difficile situazione nel gennaio del 1949, intraprendendo una trattativa con la SNIA per l'acquisto di Palazzo Lascaris sito in via Alfieri, anch'esso colpito parzialmente dai bombardamenti e bisognoso di restauri. Dopo solo due mesi dalla proposta di trasferire le funzioni in quest'altro monumento nazionale, nel marzo dello stesso anno la Giunta ne approvava l'acquisto, a condizione di poter destinare l'area di Palazzo d'Agliano ad uso residenziale. Il ricavato di questa manovra economica avrebbe alleviato l'esorbitante costo relativo all'acquisto di Palazzo Lascaris, nel quale sarebbe stata prevista la collocazione anche degli ambienti da dedicare alla Borsa Valori. Con la vittoria del ricorso ministeriale, intrapreso durante il 1947, e la conseguente rimozione dei vincoli di Palazzo Morozzo, sembrava che la situazione si fosse delineata, ma la sopravvenuta impossibilità di collocare la Borsa Valori all'interno della sede precedentemente scelta portò nuovamente l'Ente a riflettere sulla questione. Nei primi mesi del 1950 alla Camera di Commercio furono presentate proposte da parte di diverse imprese edili per l'acquisizione gratuita di Palazzo Morozzo, in cambio della costruzione di spazi da dedicare alla Borsa Valori e, sfruttando la restante parte libera di quel lotto, edifici di stampo residenziale. L'interessante operazione non vedette mai la sua concretizzazione in quanto la commissione igienico-sanitaria richiese di dare all'edificio "più grandiosità e dignità architettonica", dopo che aveva esaminato l'ipotesi dell'architetto Musso in collaborazione con l'ingegner Tommaso Trota, progetto che sarebbe stato alla base di una licitazione privata per concorso. I disegni presentati da Musso sembravano porre maggior attenzione sulle volumetrie che avrebbero caratterizzato gli edifici residenziali pensati per l'area un tempo sede del Politecnico di Torino. Nell'estate del 1951, l'impresa Navone fece presente alla Camera di Commercio di poter disporre dell'isolato a ovest di Palazzo Lascaris proponendo, successivamente ad una permuta di terreni, la costruzione della Borsa Valori in tale sito. Dopo uno studio iniziale, l'offerta avanzata dall'impresa costruttrice venne declinata nell'inverno dello stesso anno, andando così a deteriorare i già precari rapporti tra le parti, tanto che si decise per lo scioglimento di ogni vincolo contrattuale nei confronti dell'impresa Navone. Si decise così di abbandonare l'ipotesi di costruire la Borsa Valori in via Giolitti, ripiegando sulla decisione di bandire un concorso architettonico (organizzato dall'Ufficio Tecnico Erariale) per realizzarla nell'area a sud di Palazzo d'Agliano, divisa in due dalla nuova via Duca del Mare, (vale a dire tra via San Francesco da Paola e via Cavour), lotto ritenuto meno appetibile dal punto di vista del mercato edilizio (Tamagno,2010).

in alto: Palazzo Graneri, Sede provvisoria della Borsa Valori, immagine relativa al suo stato attuale «https://circololettori.it/progetti/circolo-dei-lettori-a-torino/»

In basso: Localizzazione degli immobili che hanno ospitato tra il 1871 e il 1956 la Borsa Valori, a partire dalla sua istituzione ("Palazzo del diavolo"), fino ad arrivare all'edificio attuale in via S. Francesco da Paola.

Paolo Musso, Progetto per gli isolati della nuova sede della Camera di Commercio di Torino e per l'istituto di Ingegneria, Fogli mappa n. 196 e 213, Torino,1950. (Fondo Musso Clemente)





In alto: Paolo Musso, Progetto per la nuova Borsa Valori, Torino,1950. (Fondo Musso Clemente 918.3A)

In basso: Paolo Musso, variante di progetto per la nuova Borsa Valori, Torino, 1950. (Fondo Musso Clemente 918.3C)

1.4 Il Concorso per la Borsa Valori di Torino, 1952

Il concorso bandito dalla Camera di Commercio nel dicembre 1952 vantava la compartecipazione di cinque progetti concorrenti, per la maggior parte presentati da più professionisti in collaborazione fra di loro, classificatisi nella fattispecie secondo la seguente graduatoria e caratterizzati dai seguenti motti:

- «Stellage» (architetti Roberto Gabetti, capogruppo; Giorgio Raineri; Aimaro Oreglia D'Isola. Collaboratore per il cemento armato Ing. Giuseppe Raineri);

- «Marengo» (architetti Elvio Nizzi, capogruppo; Giuseppe Lorini; Dr. Ing. Enrico Provenzale);

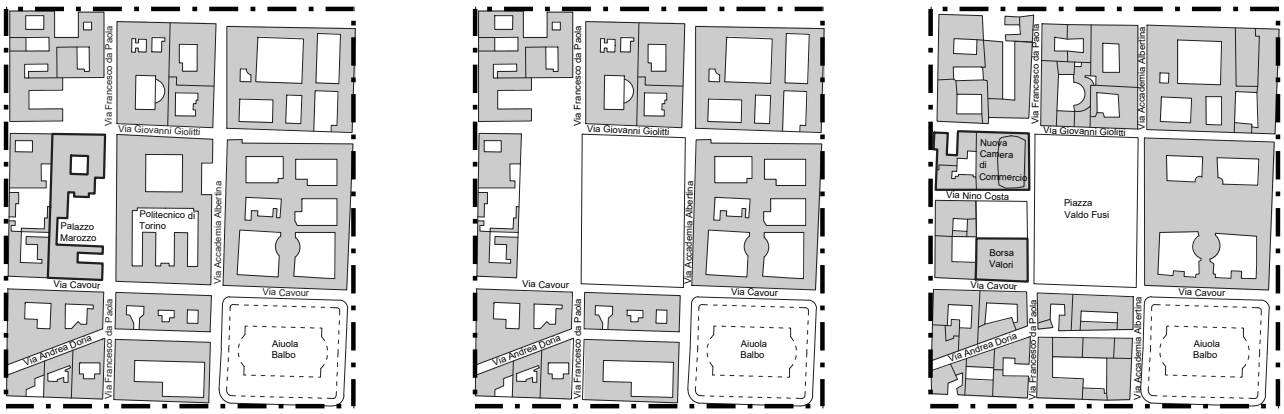
- «R M R» (architetti Annibale Rigotti, capogruppo, Paolo Musso; Ing. Prof. Giorgio Rigotti);

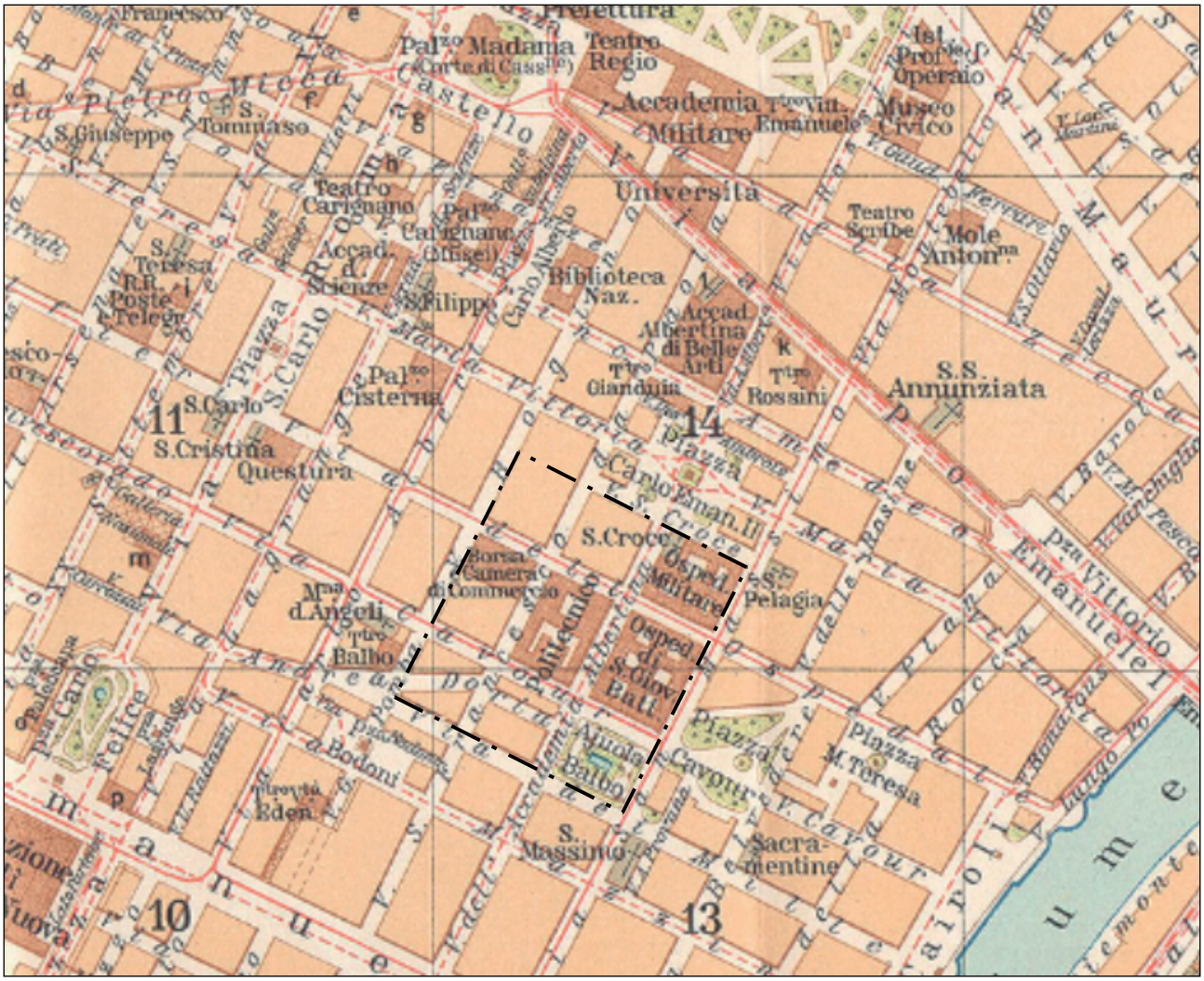
- «Santa Vittori» (architetto Otto Maraini);

- «Per Aspera ad Astra» (opera dell'architetto Ing. Giampietro Cicogna). (Cronache economiche, 1953, n.123)

Vincitore del concorso risultò il progetto "Stellege", con capogruppo Roberto Gabetti, al quale venne quindi conferito l'incarico della elaborazione del progetto definitivo e della successiva direzione dei lavori. Come risulta dalla Relazione Tecnica del 1952, il motto "Stellage" è un termine inglese di derivazione borsistica che indica un contratto in cui il compratore versa un premio per riservarsi la facoltà di decidere se acquistare i titoli al prezzo base alla fine di un periodo convenuto, oppure di vendere gli stessi al prezzo base. In teoria applicando questo sistema non si dovrebbe mai perdere. Già la scelta del nome è indicativa dell'audacia dei progettisti, nonostante la loro giovane età: Isola all'epoca aveva solo venticinque anni, i fratelli Raineri ventisei e ventisette, mentre Gabetti ventotto.
Confermata anche dallo stesso Aimaro Isola in una recente intervista di Alberto Papuzzi: «Il padre di Roberto conosceva un agente di cambio che ci ha insegnato come funziona una Borsa, e ha detto "Dovete farlo! Dovete farlo" […] Ci sentivamo sufficientemente gagliardi e preparati, e non ci consideravamo giovani e inesperti, no: avevamo la coscienza o, meglio l'incoscienza di essere fra gli architetti in grado di affrontare il tema» (Papuzzi, 2011).
Anche Giorgio Raineri, sempre in un'intervista di Alberto Papuzzi, ricorda con una certa ironia lo stato d'animo del giovane gruppo: «Ho sempre pensato che avremmo potuto vincere, anzi, che avremmo vinto […] Eravamo tutti giovani, appena laureati: Gabetti, Isola, io e mio fratello Giuseppe, e abbiamo cercato di fare colpo. Volevamo assolutamente farci sentire e abbiamo giocato a "o la va o la spacca"» (Papuzzi, 2011).
Il lotto destinato alla realizzazione della nuova sede della Borsa Valori di Torino è compreso tra via San Francesco da Paola e via Cavour, un'area vicino al centro città con affaccio sull'isolato che originariamente

1871 **1943** **1956**



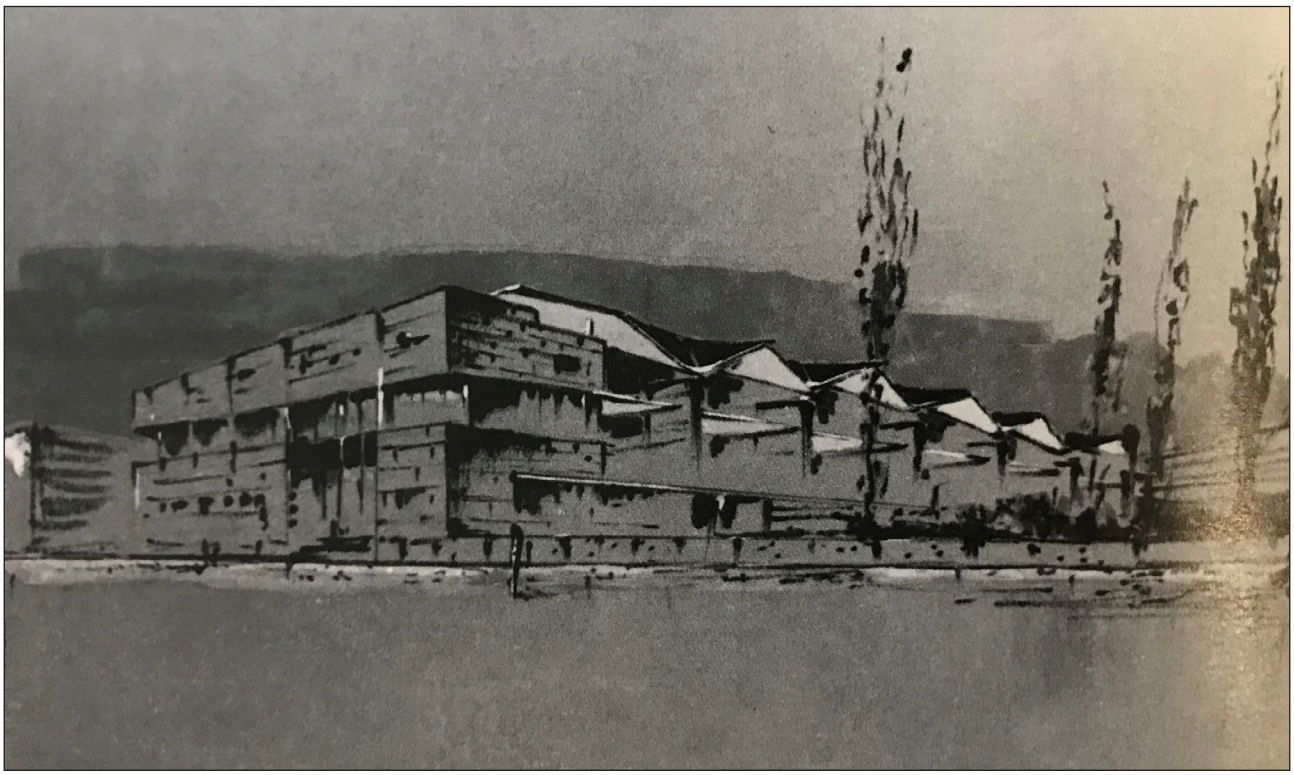


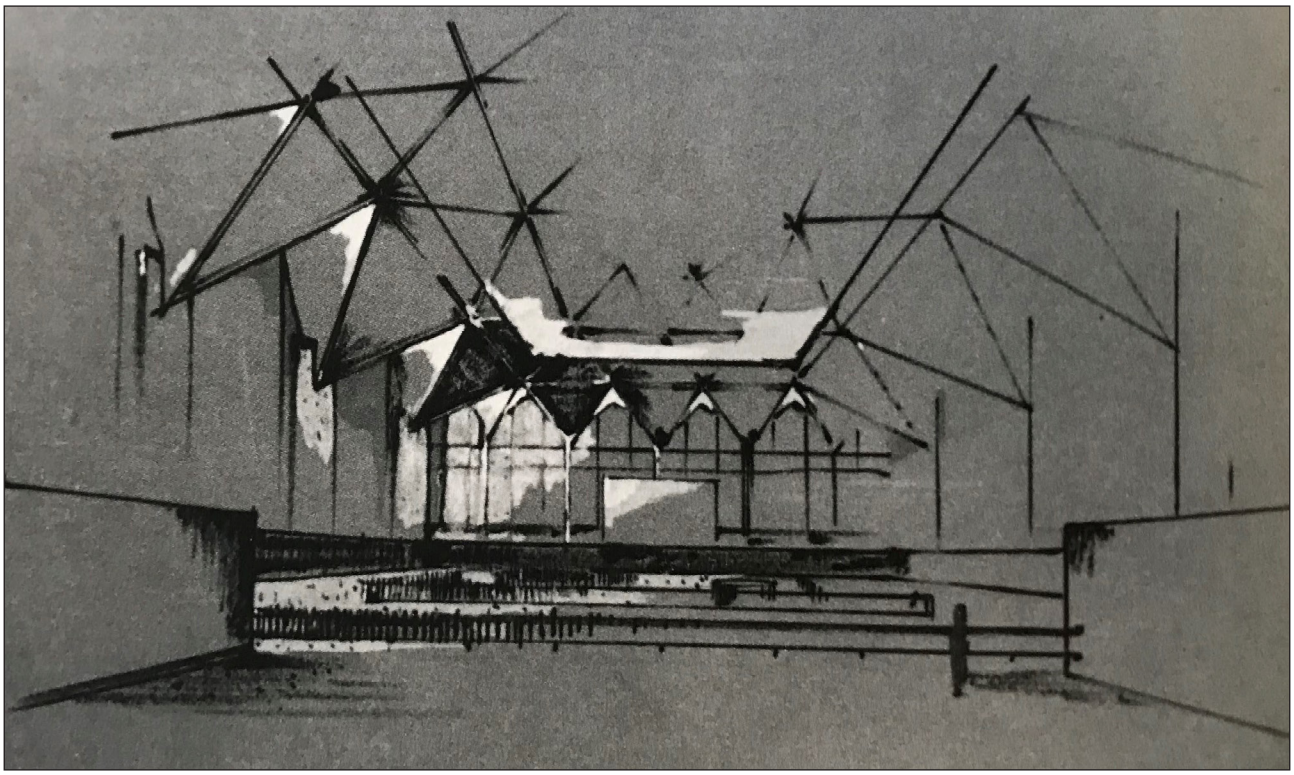
In alto: Trasformazioni degli isolati adiacenti la nuova Borsa Valori di Torino dal 1871 al 1956, anno di inizio del cantiere per la realizzazione del progetto "Stellage" di Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri e Giuseppe Raineri.

In basso: La Carta di Torino con indicata la disposizione degli edifici poi distrutti durate il secondo conflitto bellico, 1914. Immagine tratta da «http://www.atlanteditorino.it/zoom/1914.htm»

ospitava la sede di ingegneria, nota oggi come piazza Valdo Fusi, ridisegnata nel suo insieme nel 2005 secondo il progetto del 1997 ad opera degli architetti Francesco Dolza, Piero Felisio e Massimo Crotti. Gran parte del lotto rettangolare disponibile, secondo il piano regolatore della città, era destinato a giardino, per cui lo spazio utilizzabile per la costruzione della Borsa Valori risultava a pianta quadrata.
L'edificio è caratterizzato da ambienti con funzioni differenti: la «Sala delle Grida», dove avvenivano le contrattazioni di borsa, era il nucleo vitale dell'edificio e si presenta come un unico grande ambiente quadrato di 38,5 m di lato, senza pilastri centrali, adatto ad ospitare tutte le attività inerenti alla contrattazione consentendo la completa visibilità dei tabelloni con i titoli borsistici da ogni punto. La luce è garantita da grandi aperture vetrate distribuite sul lato di via Cavour e sul lato del giardino[1]. La parete di fondo della sala non presenta aperture poiché separa da una proprietà privata, mentre quella opposta è di fatto la facciata interna del corpo uffici, una manica a due piani fuori terra dove erano collocati gli ambienti di servizio, oltre alle zone di ingresso e distribuzione. L'edificio è contornato esternamente da una zoccolatura bugnata a spacco naturale, che raggiunge i finestroni sui lati del salone delle grida e che termina al secondo ordine di aperture sull'affaccio di via San Francesco; sui fronti esterni del salone le bugne si aprono per far spazio ad una fitta serie di aperture che portano luce alle cabine telefoniche.
L'affaccio su piazza Valdo Fusi avrebbe dovuto inserirsi, come racconta Aimaro Isola, in un differente contesto: « […] Poi diversi dati urbanistici si sono rivelati diversi da quelli previsti. Per esempio, noi pensavamo che l'area antistante l'attuale piazzale Valdo Fusi dove c'era il Politecnico di Torino, sarebbe stata oggetto di ricostruzione; mai più pensavamo che sarebbe rimasta aperta, libera, senza edifici. Quindi la facciata su Via San Francesco era stata progettata non certo per essere vista da lontano come avviene oggi. […] » (Papuzzi, 2011).
Tutti gli arredi della Borsa, come scrivanie, sgabelli, sedie e divani (oggi non più presenti), sono stati progettati dagli stessi architetti in modo da creare elementi funzionali per le attività che si svolgevano.
L'edificio era inoltre fornito di un innovativo sistema di cavi e collegamenti che portavano un massimo di tre linee telefoniche ad ogni tavolino e ad ogni cabina.

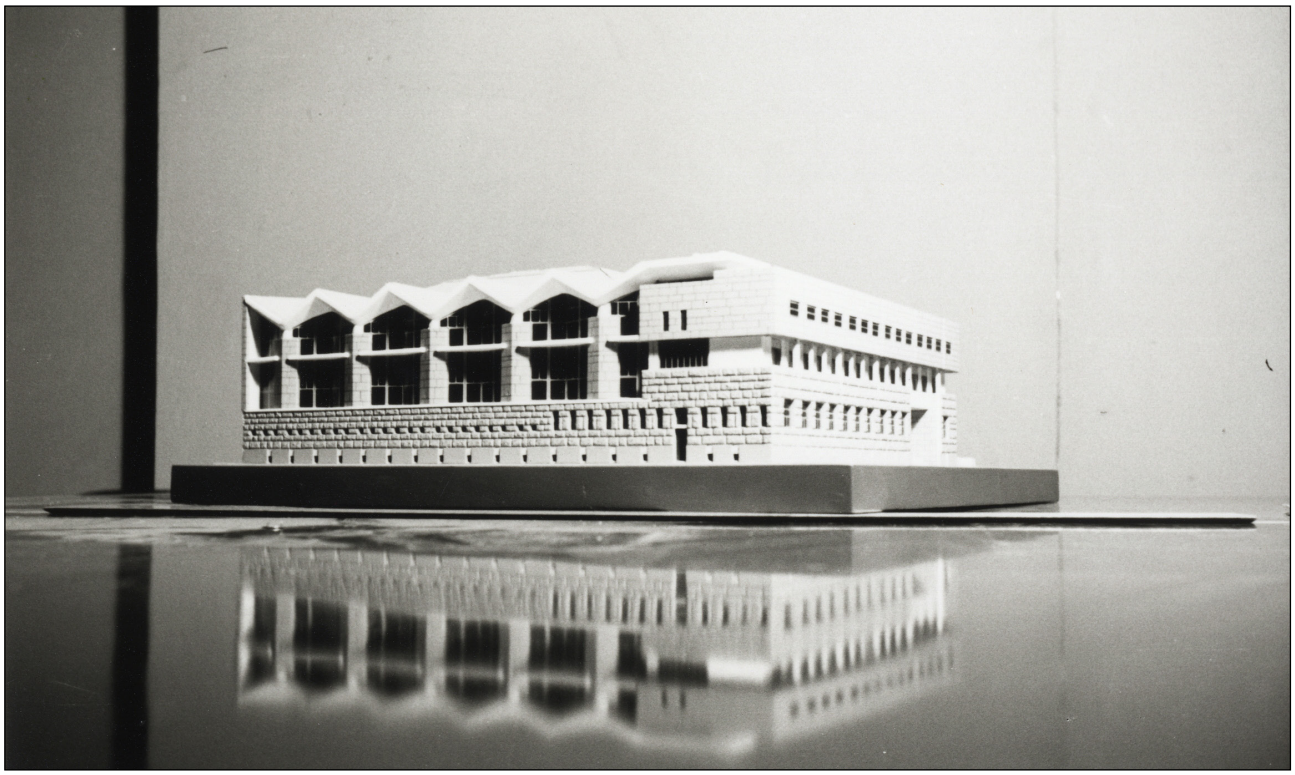
[1]Il giardino è diviso in due parti da una rampa di accesso che portava all'autorimessa, prevista nel piano seminterrato, e parzialmente utilizzato dalla parte esterna del bar.





in alto: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Concorso per la Borsa Valori di Torino, disegno dei prospetti su via Cavour angolo via San Francesco da Paola. (Archivio Gabetti e Isola, Papuzzi, 2011, pp.23)

In basso: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Concorso per la Borsa Valori di Torino, disegno per il concorso: veduta interna. (Archivio Gabetti e Isola, Papuzzi, 2011, pp.24)



In alto: Cerimonia di inizio lavori della Borsa Valori di Torino, 22 aprile 1953. In *Cronache economiche* n. 124 aprile 1953, p.33 Camera di Commercio industria e Agricoltura di Torino, Torino, 1953.

in basso: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Concorso per la Borsa Valori di Torino, Plastico per il progetto di concorso. (Archivio Gabetti e Isola)

D.Regis, L'interno della Borsa Valori di Torino, il salone della contrattazione con i tavolini degli agenti di cambio. (Papuzzi, 2011, p.49)

In alto: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori. La sala delle grida ancora in attività. Foto di Roberto Gabetti. (Camera di Commercio di Torino, «https://www.to.camcom.it/ex-borsa-valori»).

In basso: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori. Interno di uno degli uffici con affaccio sulla sala. Foto di Roberto Gabetti. (Camera di Commercio di Torino, «https://www.to.camcom.it/ex-borsa-valori»).

Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori. Corridoio e scala di collegamento tra i vari piani della manica uffici. Foto di Roberto Gabetti. (Camera di Commercio di Torino, «https://www.to.camcom.it/ex-borsa-valori»).

“Stellage 414”. Dal progetto al cantiere

Roberto Gabetti, la cupola della Borsa Valori di Torino in costruzione, veduta sul cantiere. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020)

2.1 Dal progetto alla realizzazione

Analizzando la ralazione dell'Impresa Monateri, costruttrice dell'opera (AGI, Borsa Documenti Cantiere, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955)[1], riguardante i lavori eseguiti, è sembrato di interesse illustrare i passaggi avvenuti e le principali modifiche apportate tra la fase del progetto di Concorso, del 1952 e quella della realizzazione, conclusa nel 1956.

All'indomani dell'approvazione del progetto, contraddistinto dal motto ''Stellage 414'', la Giunta camerale si concentra sin da subito sugli aspetti strutturali dell'opera, facendo riferimento ad una consulenza straordinaria richiesta al prof. Giuseppe Albenga[2] (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, prot. 20117, 23 giugno 1953), Ordinario di Tecnica delle Costruzioni presso il Politecnico di Torino, riguardante la costruzione della volta a padiglione a copertura della Sala delle grida, considerata un'opera «tanto eccezionale e straordinaria quanto complessa ed ardimentosa sotto l'aspetto strutturale, ispirata a quegli stessi criteri che hanno guidato il Nervi alle sue diverse e tanto lodate coperture di grandi spazi»[3] (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, ''Problemi per la copertura di una grande volta sottile'', prot. 21808, 9 luglio 1953).

In questo documento, destinato all'ing. Gerbino (capo dell'Ufficio Tecnico Erariale e Sovraintendente ai lavori), si evidenziano le difficoltà di calcolo di una struttura così grandiosa (volta di circa 23.10 m di lato) date le conoscenze e gli strumenti dell'epoca.

Il progetto per la copertura infatti, definito «ardito e originale» dallo stesso Giuseppe Albenga, e lodando Giuseppe Raineri per aver affrontato brillantemente il calcolo delle strutture in molte delle sue parti (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, ''Problemi per la copertura di una grande volta sottile'', prot. 21808, 9 luglio 1953), rappresentava un sistema spaziale caratterizzato da molte indeterminazioni statiche. Nella reticolare erano presenti simultaneamente elementi precompressi e non e la collaborazione tra la volta sottile (8 cm) e le nervature di rinforzo era incerta (Relazione di Collaudo statico, Ing. F.C. Camoletto, 1957).

Dopo un'accurata disamina dei calcoli e della documentazione completa, Albenga arriva a suggerire un'integrazione con prove sperimentali su modelli, per comprendere al meglio le azioni secondarie provocate dai grossi nodi e la loro ripercussione sulla solettina leggera (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, ''Problemi per la copertura di una grande volta sottile'', prot. 21808, 9 luglio 1953).

Negli scritti provenienti dalla Camera di Commercio e dell'Agricoltura di Torino, indirizzati alla Direzione Generale del Commercio di Roma (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, ''Relazione sull'appalto dei lavori e trattativa privata'', prot. 29645, 3 ottobre 1953), riferendosi ad una relazione del 20 luglio precedente (1953), si cita un preventivo richiesto ad un Istituto specializzato di Milano per la costruzione del modello fisico. Il prezzo si sarebbe aggirato intorno al milione

[1] AGI (Agenzia Giornalistica Italia)

[2] Giuseppe Albenga, (Incisa Scapaccino, 9 giugno 1882 - Torino 19 gennaio 1957). Dopo la laurea in ingegneria civile presso la Scuola di applicazione per ingegneri di Torino e la cattedra di Costruzioni Stradali e Ferroviarie all'Università di Bologna, divenne Rettore del Politecnico di Torino da 1929 al 1932. Il suo operato si concentrò prevalentemente su costruzioni stradali e ferroviarie, di ponti e costruzioni aeronautiche.

[3] Prof. G. Albenga in una lettera mandata al Presedente della C.C.I.A., commissionaria dell'opera, riguardo alla copertura della Borsa Valori.

Roberto Gabetti, la copertura della Borsa Valori di Torino, autoscatto sulla copertura metallica, 1954-1955. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

e mezzo di lire, con una prospettiva di cinque mesi di lavoro per la realizzazione e l'analisi del comportamento statico. Il motivo che portò ad evitare di ricorrere alle prove sperimentali, oltre alle ulteriori spese, furono le tempistiche richieste, che avrebbero portato ad un significativo ritardo dell'inizio dei lavori.
Si è però a conoscenza di un incarico affidato nel marzo 1953 alla ditta Maino e Sogno per la realizzazione di un modello ligneo, conclusosi nell'aprile dello stesso anno e soggetto a modifiche in corso d'opera (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, 31 marzo e 1953 e 31 luglio 1953).
Data l'evidente difficoltà tecnica relativa alla cantierizzazione delle raffinate strutture ipotizzate da Raineri, in una riunione tenutasi presso la Camera di Commercio di Torino, l'ing. Gerbino suggerì e si prese l'incarico di una trattativa con il rappresentante dell'impresa di costruzioni Nervi & Bartoli di Roma, conosciuta per le sue capacità nella costruzione in strutture in cemento armato.
Parallelamente intraprese una trattativa anche con un'altra ditta di costruzioni molto rinomata per questo tipo di strutture, l'Impresa P. Monateri di Felice Garelli di Torino.
Il capo dell'Ufficio Tecnico Erariale era interessato a sapere se, ricorrendo a lievi ed eventuali modifiche che avrebbero interessato la struttura della volta, le imprese sarebbero state in grado di portare a termine il lavoro senza ricorrere alle dispendiose prove statiche suggerite dal prof. Albenga (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, ''Relazione sull'appalto dei lavori e trattativa privata'', prot.29645, 3 ottobre 1953).
Pervenuta l'autorizzazione da parte del Ministero a procedere alla trattativa privata, l'Amministrazione prese contatti anche con l'Impresa Franco Borini, Figli & C. di Torino, dato l'obbligo di annettere alla gara una terza ditta. Una volta esaminate le tre offerte, e aver preso atto che solo le Imprese Nervi & Bartoli di Roma e Monateri di Torino erano in possesso dei brevetti necessari alla costruzione delle strutture in cemento armato, e che inoltre sarebbero state in grado di garantire la realizzazione dell'opera senza ricorrere al modellino di prova, la Giunta decise di deliberare in favore della Monateri (AGI, Borsa Documenti Cantiere, cartella Monateri, Ufficio Tecnico Erariale di Torino, prot. 14935, 30 settembre 1953).
Questa infatti aveva presentato la migliore offerta (L.108.118.512) con il miglior ribasso (2.10% sull'elenco allegato al capitolato) e, avendo sede a Torino, poteva contare su maestranze e tecnici locali.
Giocò inoltre a favore dell'impresa aggiudicatrice il fatto di essere concessionaria del sistema *Zeiss-Dywidag* di precompressione e di essere specializzata nella realizzazione di volte sottili autoportanti (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, ''Relazione sull'appalto dei lavori e trattativa privata'', prot.29645, 3 ottobre 1953).
Alla luce di questo, la Monateri decise di sottoporre a revisione i calcoli statici riguardanti il precompresso della cupola sottile e della trave di bordo alla Ditta tedesca Dyckerhoff & Widmann[4],

[4] L'utilizzo del calcestruzzo nell'edilizia tedesca è attribuibile ad una serie di tra cui la Dyckerhoff & Widmann (ex Cementwaarenfabrik Lang & Co., poi Dywidag), già citata per aver assistito, in alcuni momenti della realizzazione, la Ditta Monateri di Torino riguardo la costruzione della Borsa Valori.
L'azienda nasce il 1 luglio del 1865 a Karlsruhe e, dopo aver acquisito una certa esperienza nella produzione di tubature in cemento, arriva a ad attuare un progressivo miglioramento del materiale mediante prove di carico, fino a renderlo adatto alla realizzazione di strutture portanti (K. Stegmann, 2009).

In alto: Foto di cantiere della posa della copertura del Palazzetto dello Sport di Roma, Pier Luigi Nervi, 1956-1957, Roma. («*https://i.pinimg.com/originals/27/11/49/27114904b6c75adcac8472592fdcc250.jpg*»).

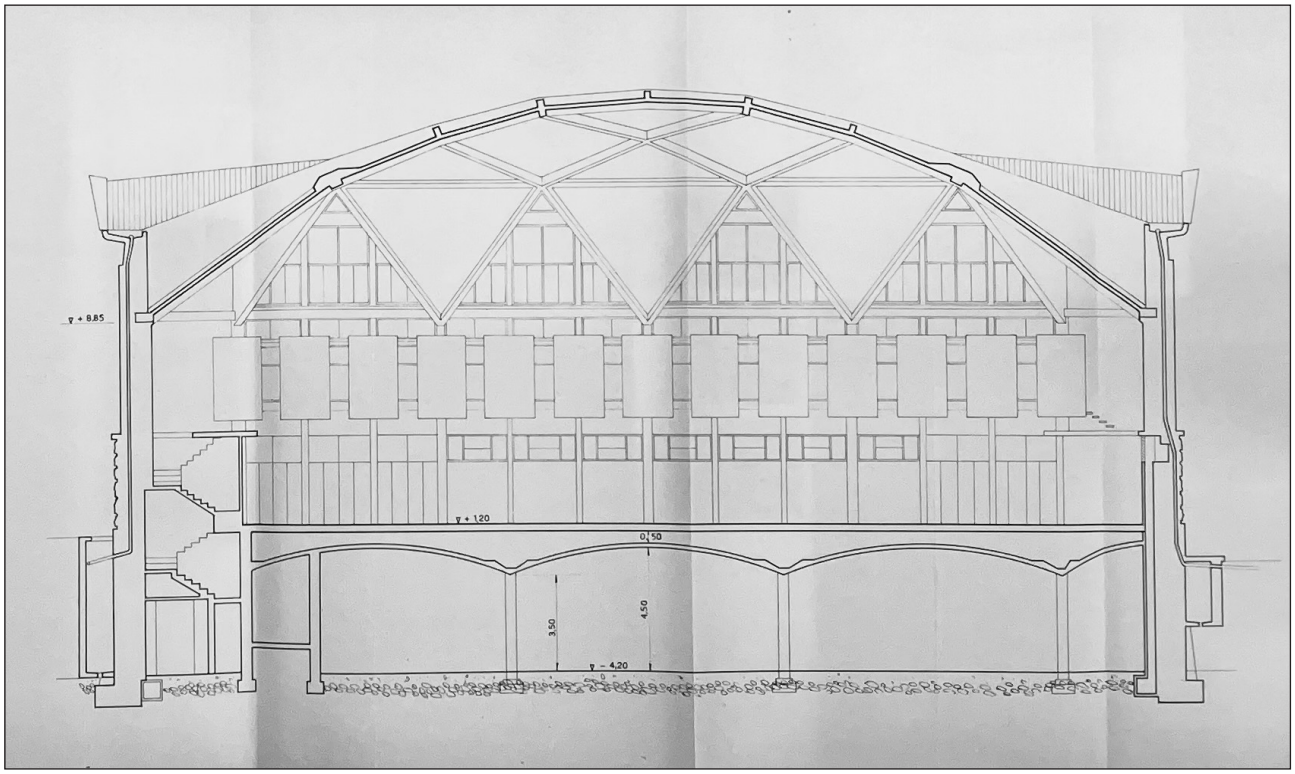
In basso: Roberto Gabetti, il cantiere della Borsa Valori di Torino, disposizione dei ferri e dei casseri per la realizzazione della copertura, 1954-1955. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

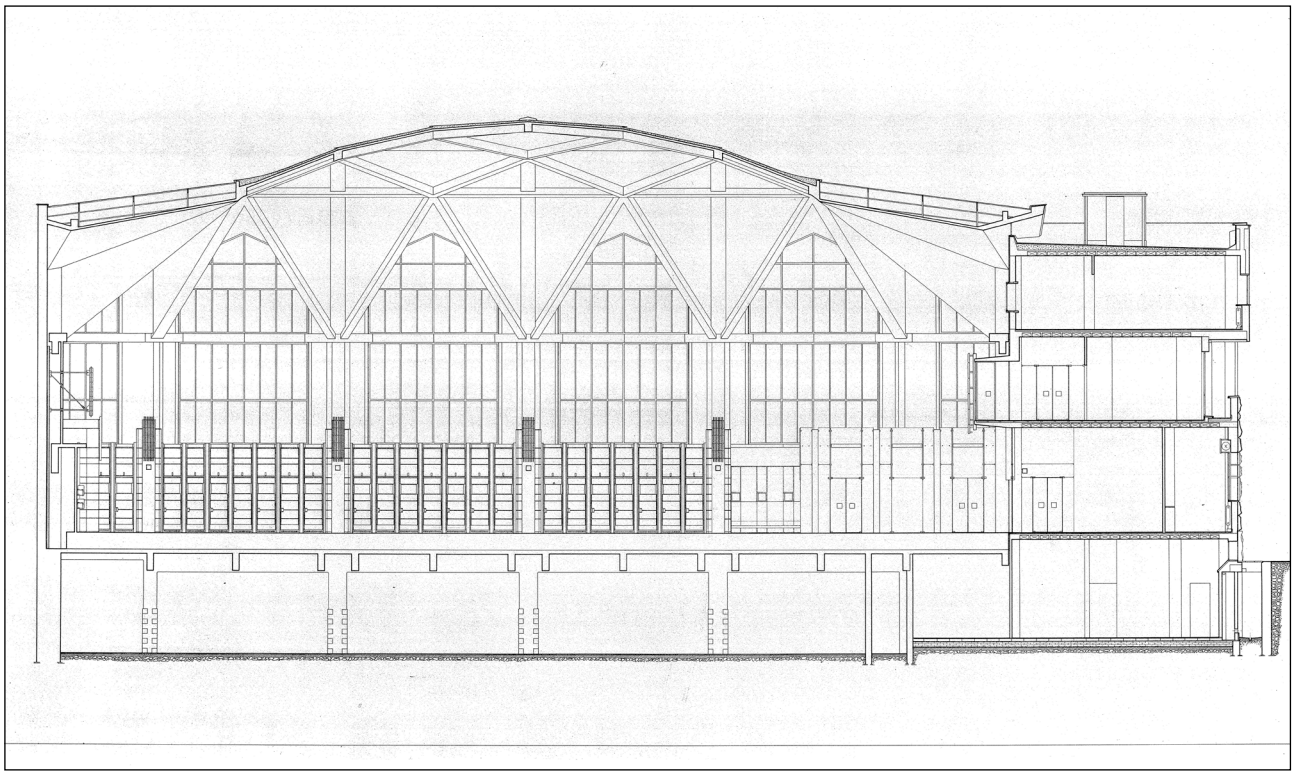
chiedendo un supporto prima di dichiararsi in grado di portare a termine la realizzazione senza ricorrere al costoso modello di laboratorio. Nella fattispecie furono esaminati dal direttore generale della ditta (ing. Finsterwalder) (Relazione di Collaudo statico, Ing. F.C. Camoletto, 1957) i disegni presentati durante il concorso, i particolari dell'impianto strutturale e i calcoli prodotti dall'ingegner Giuseppe Raineri.
Mettendo a confronto i lucidi originali del 1952 (e le relative copie)[5], conservati sia nell'archivio Raineri che nell'archivio Monateri, con i disegni più recenti, vale a dire quelli che portano la firma dell'ing. Giberti e il timbro della Dycherhoff e Widmann (sempre appartenenti all'impresa Monateri), sono riscontrabili alcune differenze.
Il ricco sistema di costolonature estradossate, visibile nei disegni di Raineri, non è presente nella versione più recente, nella quale è possibile invece ritrovare la nervatura assiale (effettivamente realizzata) a metà dei tre spicchi triangolari della trave reticolare, dimensionata con una sezione tale da non interferire negativamente sul disegno complessivo.
I tecnici tedeschi ritennero necessario inoltre ridimensionare alcuni elementi portanti al fine di garantire una migliore risposta contro i carichi da vento. Nella fattispecie apportarono modifiche alla sezione dei piloni contenuti all'interno dei pilastri a cassavuota perimetrali (da 80x50 a 80x60 cm per quanto riguarda le tre colonne centrali), creando inoltre delle traverse intelaianti a sostegno della trave reticolare (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, 29 ottobre 1953).
Dagli scritti risulta inoltre che si dovette ricorrere, terminata la verifica dei calcoli, ad un approvvigionamento straordinario di acciaio, acquistato da ferriere tedesche e consegnato solo nel luglio 1954, al fine di assicurare la precompressione di tutti quegli elementi che in fase di progetto erano previsti come tali (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955). Oltre alla fornitura speciale di acciaio, fu necessaria anche l'importazione di 460 mc di legname per realizzare le casseforme, materiale proveniente dall'Austria per via del difficile reperimento sul mercato nazionale.
Oltre al sistema di copertura, sono state riscontrate modifiche riguardo il disegno del solaio che divide la Sala delle Grida dalla sottostante autorimessa, nella prima versione previsto con strutture a volte sottili per poter rispondere ad un carico di 700 kg/mq, ma divenuto in fase di cantiere un solaio piano sorretto da un sistema di travi in grado di rispondere a sovraccarichi più ingenti. Anche gli orizzontamenti del lotto uffici hanno visto modifiche in termini di sovraccarico, finalizzate a rendere meno vincolato l'uso dei locali. Durante un sopralluogo è stato possibile constatare che quest'ultimi sono stati realizzati in laterocemento, ma non è da escludersi che possano essere stati progettati in maniera differente.

[5] Nell'archivio Raineri sono contenuti i lucidi originali del progetto consegnati nel 1953, mentre nell'archivio Monateri, all'interno di una cartella, sono rilegate tutte le relative copie insieme al Contratto di appalto per la costruzione della Borsa Valori di Torino (repertorio n. 30500/14210) ad opera dell' avv. Pietro Astore.

In alto: Roberto Gabetti, Il cantiere della Borsa Valori di Torino, la costruzione della copertura. (Archivio Gabetti e Isola Giriodi 2020).

In basso: I dipendenti della Dyckerhoff & Widmann su una volta in calcestruzzo come dimostrazione rappresentativa. In *Dischinger papers, Fachgebiet Entwerfen und Konstruieren – Massivbau*, Technische Universität Berlin/Stiller 1987, 85.

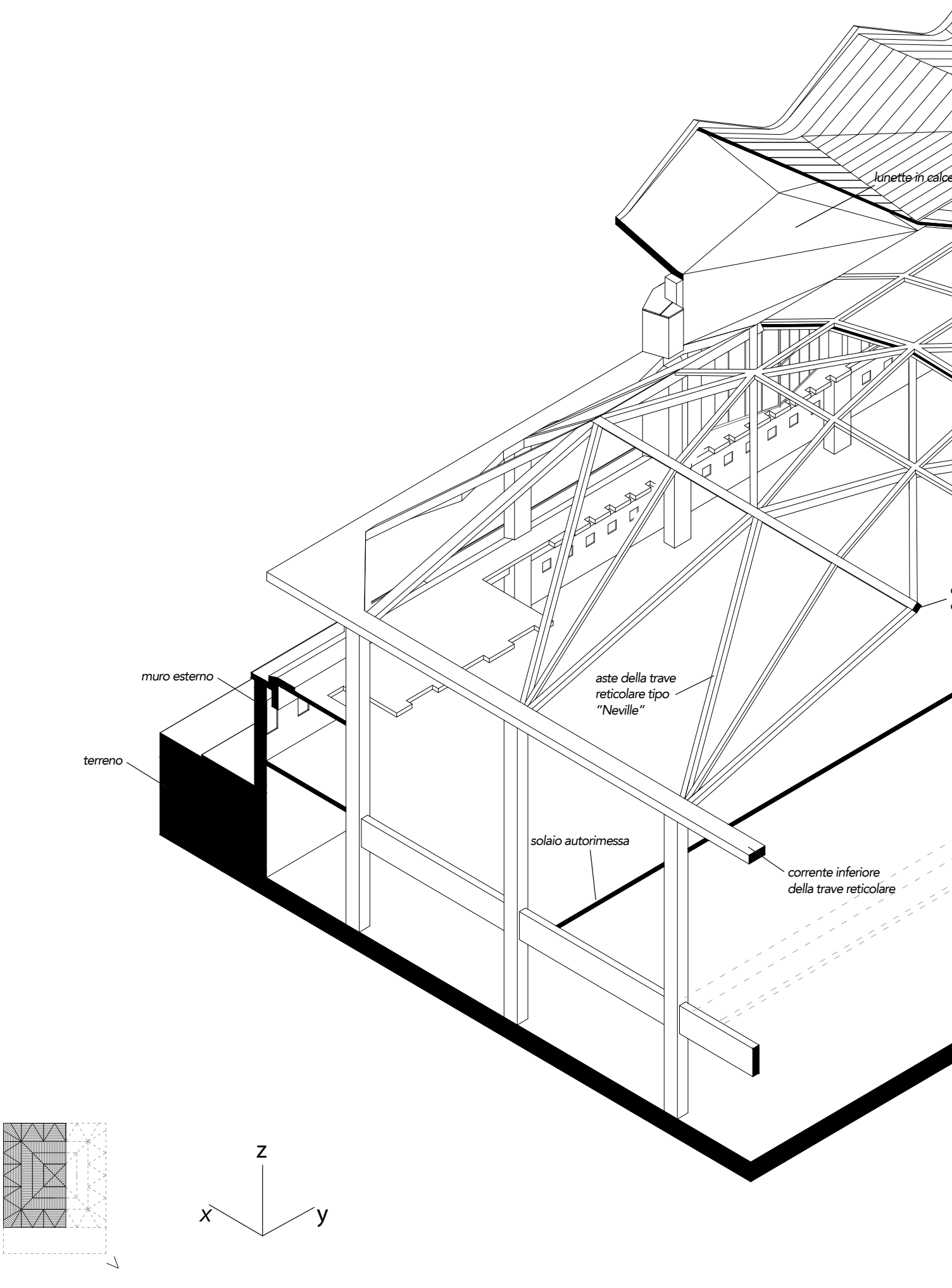


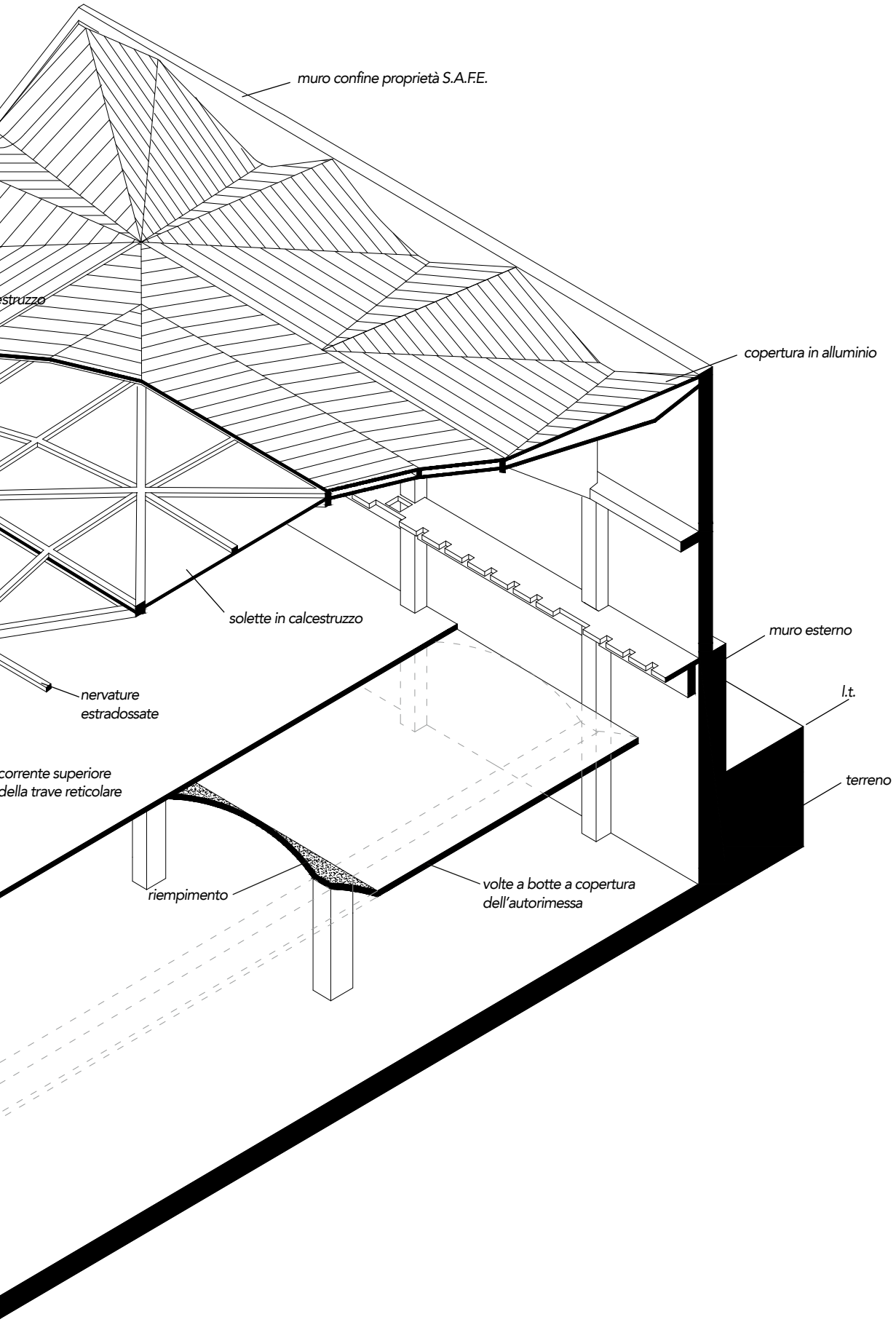


In alto: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raneri e Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori, Torino, 1952-56, sezione trasversale. (Archivio Monateri).

In basso: Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raneri e Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori, Torino, 1952-56, sezione longitudinale. (Archivio Gabetti e Isola).

Le sezioni rappresentano due versioni distinte del progetto (1952 e 1954). Nella prima (1952) non sono ancora presenti le nervature assiali della trave reticolare mentre si può notare il sistema di costolonature estradossate e il solaio voltato dell'interrato (non realizzati).


lunette in calce
muro esterno
terreno
aste della trave
reticolare tipo
"Neville"
solaio autorimessa
corrente inferiore
della trave reticolare
z
x
y



Schema assonometrico raffigurante la ''Sala delle Grida'' secondo il progetto del 1952 ad opera di Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri, Giuseppe Raineri, prima delle modifiche apportate dalla ditta Dyckerhoff & Widmann.
Nel disegno sono state rappresentate le costolonature estradossate della cupola e il solaio voltato a botte dell'autorimessa. Prospetto su giardino. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

2.2 Il processo costruttivo

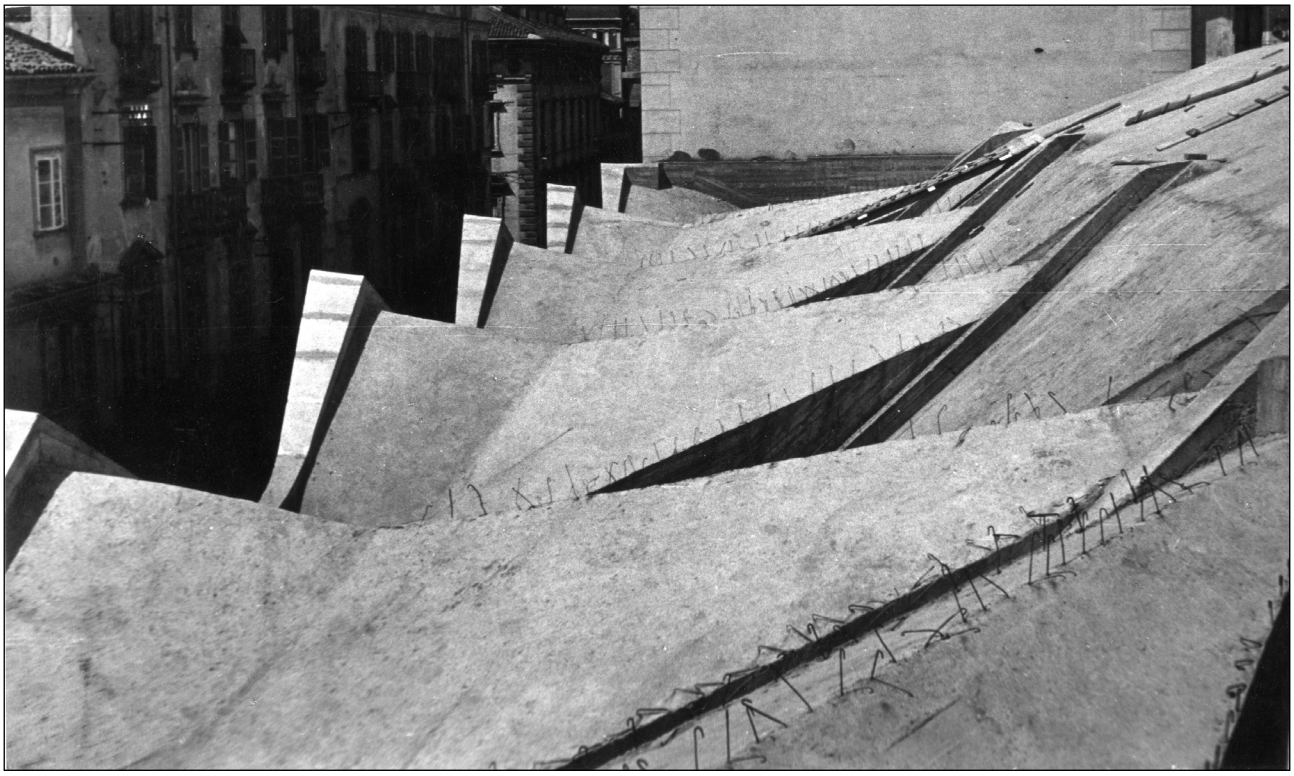
La vicenda costruttiva della volta della Borsa Valori di Torino, a tratti lacunosa, è ripercorribile quasi unicamente attraverso le cartelle contenenti le varie corrispondenze e i documenti relativi l'avanzamento del cantiere, rintracciabili degli archivi della Camera di Commercio di Torino e dell'Impresa Monateri.

2.2.1 1952-1953 Bando di concorso e ricerca dell'impresa di costruzioni

Il primo documento utile risulta essere la lettera ufficiale di approvazione con la quale si annuncia la vittoria del progetto degli architetti Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raineri e dell'ing. Giuseppe Raineri, responsabile delle opere in c.a., contraddistinto dal motto ''Stellage 414'' (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, Ccia, prot. 7703, 7 marzo 1953).
A questo segue la lettera del presidente della Camera di Commercio di Torino dell'epoca, Enrico Marone Cinzano, indirizzata alla Direzione Generale del Commercio di Roma, nella quale si fa presente che l'impresa aggiudicatrice dell'appalto risulta essere l'impresa Monateri di Torino (AGI, Borsa Documenti, Corripsondenza, Ccia, ''Relazione sull'appalto dei lavori e trattativa privata'', prot. 29645, 3 ottobre 1953).

2.2.2 1953-55 Consegna lavori e fase di cantiere

Secondo quanto si legge nella relazione della Ditta Monateri (AGI Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955), riguardante le opere eseguite, la consegna dei lavori avvenne il 3 novembre 1953. La prima operazione riguardò lo scavo generale e la contemporanea demolizione delle murature riguardanti le vecchie fondazioni, procedimento che si protrasse fino al dicembre dello stesso anno data l'entità imprevedibile e inconsueta di questi elementi. Ultimate le operazioni di sbancamento ci si potè concentrare sulla realizzazione delle fondazioni, dovendo però ricorre in alcuni casi a nuovi muri di sostegno in cemento armato contro terra, siccome non tutte le murature perimetrali presentavano le caratteristiche di solidità che in fase progettuale avevano suggerito la loro conservazione. Anche la realizzazione delle fondazioni dei pilastri rivolte verso il fabbricato della proprietà SAFE fu interessata da ritardi. Risultò infatti impossibile la loro costruzione interamente all'interno dell'area di pertinenza della Camera di Commercio di Torino e si dovette ricorrere a strutture più complesse, nella fattispecie delle travi a cavalletto che richiesero una rielaborazione statica per potersi adattare alle fondazioni della struttura adiacente.
Ultimate le operazioni riguardanti le strutture di fondazione, si intraprese la costruzione del solaio a copertura dell'autorimessa, il quale inizialmente



In alto: Roberto Gabetti, Il cantiere della Borsa Valori di Torino, la copertura durante la costruzione. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

In basso: Roberto Gabetti, Il cantiere della Borsa Valori di Torino, la copertura durante la costruzione. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

era stato ipotizzato, in una delle versioni disegnate da Raineri, composto da una serie di volte sottili. Nella fase realizzativa si preferì adottare una seconda ipotesi, sempre firmata Raineri, di un solaio piano, sorretto da un fitto sistema di travi, capace di sopportare un maggior carico utile (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955). Tale revisione in corso d'opera si rese necessaria anche per gli orizzontamenti della manica uffici (solai in laterocemento), operazione anche questa che finì per causare ritardi dovuti ad un complesso processo di adattamento degli impianti e delle strutture architettoniche che richiesero l'approvazione della Direzione Lavori.

La prima parte realizzata, in accordo con quanto riportato nella relazione della Ditta Monateri, risulta essere il fabbricato uffici, già completato nella parte muraria nel settembre 1954 e in attesa della fornitura serramenti. Quest'ultimi furono consegnati, a seconda della tipologia, tra la metà e la fine di novembre da parte della Ditta Angelo Bombelli di Milano. Per quanto riguarda la posa degli intonaci del fabbricato uffici, non vennero realizzati sino all'anno successivo, per evitare che il gelo li potesse compromettere (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955).

L'ultimo elemento realizzato della struttura è rappresentato dalla fascia perimetrale di lunette, che fu possibile eseguire solo dopo il completamento della calotta centrale e la messa in tensione delle quattro travi reticolari. Questa fase è descritta come tra le più lunghe del processo costruttivo poiché le lunette dovettero essere eseguite in un'unica soluzione, senza quindi poter riutilizzare i casseri di legno, in modo tale da non caricare le strutture sottostanti in modo asimmetrico (AGI, Borsa Documenti, Corrispondenza, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955). Oltre alla grande quantità di legno impiegato, fu necessario servirsi di manovalanza altamente specializzata e il disarmo dei casseri potè essere eseguito solo all'avvenuta maturazione di tutti i getti, sempre per via dell'uniforme caricamento della copertura.

In attesa del completamento delle opere in cemento armato della copertura, necessarie per poter svolgere le operazioni di collaudo, i lavori proseguirono nelle parti già ultimate quali il piano seminterrato e il lotto uffici, portando a termine le canalizzazioni per gli impianti di condizionamento, varie opere murarie per gli impianti sanitari e l'applicazione degli intonaci ''Fulget'' e a platrio su pareti e soffitti. Ultimati gli intonaci, presumibilmente nel maggio 1955, l'attenzione fu portata sulla realizzazione dei pavimenti in legno e in piastrelloni nei vari locali, come anche la posa dei gradini di marmo dello scalone principale (Ibidem, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955).

Si decise inoltre per un notevole prolungamento a sbalzo delle lunette poste sulla manica uffici verso il giardino, scelta che rese necessario uno studio il loco da parte dell'ingegnere calcolatore contemporaneamente ad una serie di

Roberto Gabetti, Il cantiere della Borsa Valori di Torino, la copertura durante la costruzione. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

opere di irrigidimento per ovviare ai movimenti in senso verticale della struttura, eccessivamente sensibile agli sbalzi di temperatura a disarmo avvenuto (Ibidem, cartella Monateri, Relazione, 19 giugno 1955).

2.2.3 1957 Il collaudo statico

Per il collaudo della copertura, eseguito prima dal prof. Albenga e poi dal prof. Camoletto, furono previsti, oltre il peso proprio, il carico della neve uniformemente distribuito (100 kg/mq) e il peso delle sovrastrutture, nella fattispecie 67 kg/mq per la zona centrale e 72 kg/mq per la cintura periferica. Il carico totale per eseguire tali prove sarebbe risultato circa 27 tonnellate, condizione che risultò da subito inattuabile per via dell'impossibilità di procurare una simile quantità di materiale, per l'eccessiva durata che l'operazione di carico della struttura avrebbe richiesto e inoltre per la difficoltà legate alle manovre e all'incolumità del personale di manovalanza (Relazione di Collaudo statico, Ing. F.C. Camoletto, 1957).
Si decise perciò di effettuare le operazioni di carico soltanto su metà della cupola servendosi, in accordo con il prof. Finsterwalder, di un carico asimmetrico ridotto a 50 kg/mq nella parte centrale e 25 kg/mq sui triangoli laterali, atto a provocare sollecitazioni equivalenti al massimo carico uniforme.

In alto: Roberto Gabetti, Il cantiere della Borsa Valori di Torino, il prospetto lato giardino durante la sua costruzione. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020)

In basso: Roberto Gabetti, Giuseppe Raineri sulla copertura della Borsa Valori di Torino mentre controlla con i ferraioli la corretta disposizione delle armature. (Archivio Gabetti e Isola, Giriodi 2020).

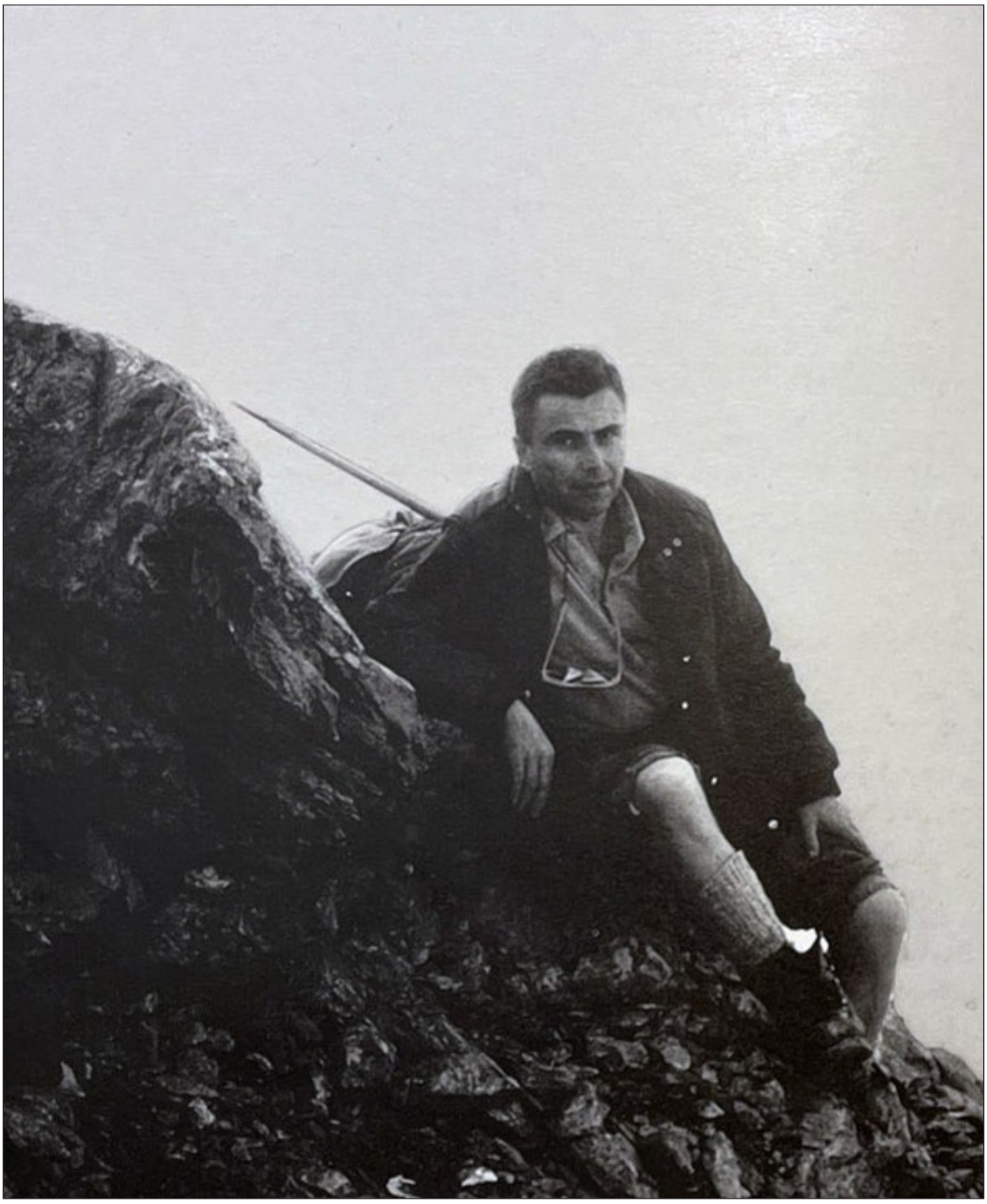
2.3 L' "architettura, nascosta"[1] di Giuseppe Raineri

«Chiederò a mio fratello: così ogni volta, Giorgio Raineri, quando aveva bisogno, risolveva il problema della struttura. Con un sospiro, dovuto in parte alla certezza della soluzione, ma in parte alla consapevolezza che di quella soluzione non avrebbe mai conosciuto l'essenza.
Perché Giuseppe non era solito raccontare il suo percorso, le sue scelte.
Eppure, la soluzione non poteva che essere quella. Talmente ovvia da non dover nemmeno essere spiegata» (Del Bel Belluz, 2008).

La carriera del non ancora ventiquattrenne Giuseppe Raineri inizia nel giugno 1948, a soli due anni dalla laurea in ingegneria civile conseguita a pieni voti con lode presso il Politecnico di Torino, tramite la pubblicazione sulla rivista ''Il Cemento'' di una serie di scritti relativi alla tecnica della precompressione nelle strutture in calcestruzzo rinforzato.
Attraverso l'analisi di ponti esistenti, realizzati seguendo la metodologia tradizionale, e un ponte astratto ad arco spezzato, da realizzarsi con elementi dimensionati secondo i criteri della precompressione, Raineri, arriva ad immaginare un cantiere con ponteggi semplificati e mobilitazioni rapide, derivanti dal minor quantitativo di materiale utilizzato e di conseguenza da un minor peso degli elementi (Siniscalco, 2008).
Convinto promotore dell'innovativo metodo, presenta un ammirevole lavoro non soltanto per l'attualità del tema scelto, ma soprattutto per la chiarezza con la quale riesce a rendere concreta la sua teoria a favore del risparmio economico portato dall'utilizzo del nuovo sistema, che si figura applicata in opere di qualunque importanza e dimensione.
Quasi profetica appare la conclusione della ricerca, condotta a meno di un anno dalla laurea, in favore di una tecnologia che troverà da lì a poco impiego costante.
«Data la riconosciuta superiorità di questa tecnica anche nel campo dei ponti a trave di qualunque portata ci pare logico prevedere l'applicazione della precompressione
alle opere d'arte di qualunque importanza e l'opportunità di ricerche affinché essa possa entrare nell'uso corrente dei nostri costruttori» (Siniscalco, 2008).
Da queste pubblicazioni giovanili risulta evidente la profonda conoscenza relativa alla scienza delle costruzioni; una non comune capacità intellettuale, derivata dalla cultura politecnica, che Raineri non dimostra solamente in qualità di sperimentatore, ma che concretizza sempre nella realtà del cantiere mediante una collaborazione diretta con capi cantieri, carpentieri e ferraioli.
Una direzione lavori che poco aveva di burocratico, interessata piuttosto a verificare personalmente l'intrico di ferri che aveva disposto secondo un ordine che hai più pareva quantomeno anomalo, per non dir folle (Isola, 2008).

«Poi, quando tutto era posto, le barre e le staffe in ordine ed attentamente ispezionate, quando il calcestruzzo

[1] Dal titolo dell'articolo ad opera di Lorenzo Mamino contenuto in *Giuseppe Raineri: Opere scelte*, numero monografico di «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, dicembre 2008.



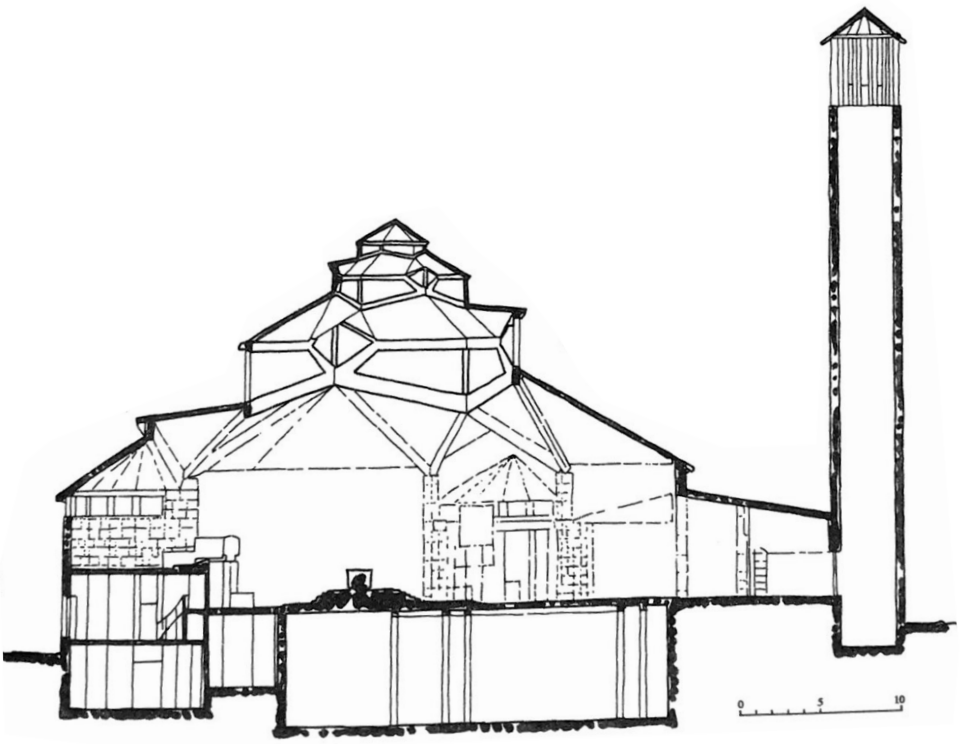
Giuseppe Raineri fotografato in montagna. (Papuzzi, 2011, pp.34)

incominciava ad allagare i casseri sorrideva per la prima volta» (Isola, 2008).

Poche righe che riassumono una personalità molto forte, quasi scontrosa, di un uomo che lascia più spazio ai fatti che alle parole, capace di immaginare geometrie attraversate da quelle tensioni che solo lui sapeva contrastare, saggiando ogni volta i limiti della tecnologia che amava utilizzare. Risulta difficoltoso scindere il contributo di Giuseppe Raineri all'interno di progetti realizzati in collaborazione con gli architetti, prime tra tutte quelle opere dove il suo nome è preceduto da quello del fratello Giorgio e quando compare in raggruppamenti guidati da Roberto Gabetti e Aimaro Isola, che hanno avuto una maggiore fortuna critica, o nei casi in cui è indicato come "strutturista", limitando in parte il suo ruolo effettivo. (Rolfo, 2008).

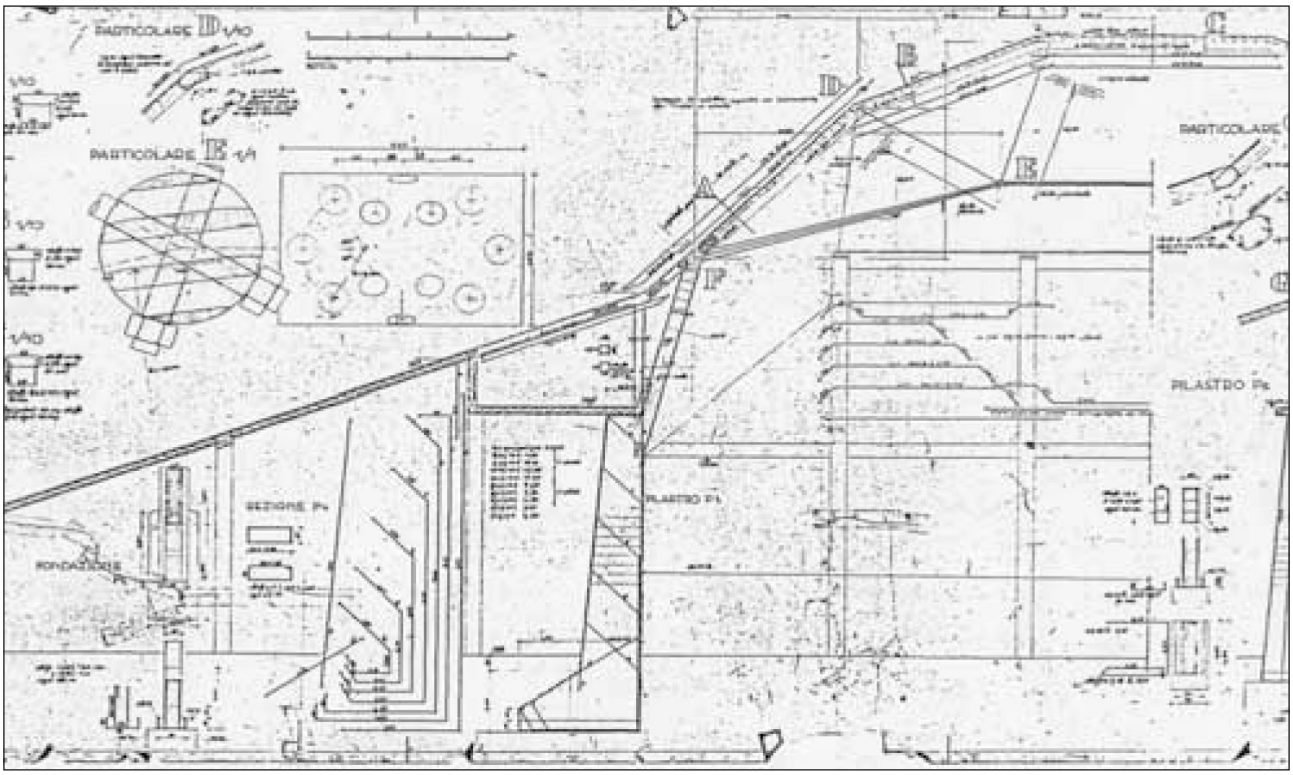
«E allora: quale è, oltre la muta apparenza, la qualità intrinseca delle opere di Giuseppe Raineri? Forse la speculare afasia delle sue opere, forse la loro misteriosa durezza per coprire un trepidante cimento, una scontrosa timidezza, anche strutturale?» (Mamino 2008).

Giseppe Raineri, Impianto di estrazione sul fiume Stura, veduta dall'esterno, 1955-1957. In Filippo Giau, *Giuseppe Raineri: opere scelte*, Atti e Rassegna Tecnica della società degli ingegneri e degli architetti in Torino, nuova serie LXIII numero 1, pp.32, Torino, dicembre 2008.



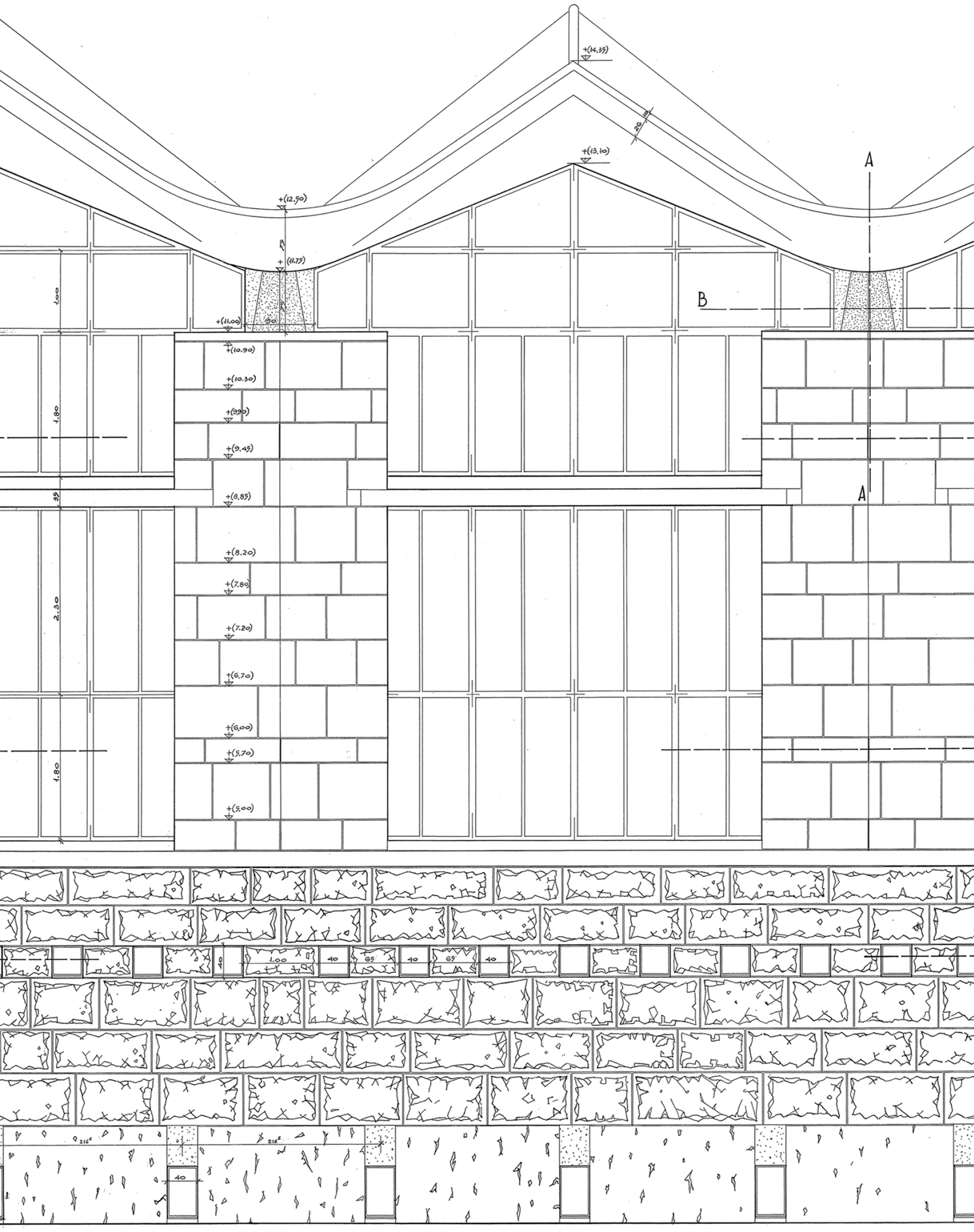
In alto: Giuseppe Raineri, Chiesa di Santa Teresina, sezione di progetto, 1958-1961. (Roberto Gabetti, *Chiese per il nostro tempo. Come costruirle, come rinnovarle*, Elledici, Leumann 2000, tav. V).

In basso: Giuseppe Raineri, Chiesa di Santa Teresina, veduta dell'interno, 1958-1961. In Filippo Giau, *Giuseppe Raineri: opere scelte*, Atti e Rassegna Tecnica della società degli ingegneri e degli architetti in Torino, nuova serie LXIII numero 1, pp.37, Torino, dicembre 2008.



In alto: Giuseppe Raineri, la nuova sede della Società Ippica Torinese, veduta dall’esterno, 1959-1960. (https://www.isolarchitetti.com/index.php/societa-ippica-nichelino).

In basso: Giuseppe Raineri, Strutture della nuova sede della Società Ippica Torinese. Disegni di progetto.1959-1960. In Filippo Giau, *Giuseppe Raineri: opere scelte*, Atti e Rassegna Tecnica della società degli ingegneri e degli architetti in Torino, nuova serie LXIII numero 1, pp.39, Torino, dicembre 2008.



+(14.35)
26
10
+(13.10)
A
+(12.50)
+(11.75)
B
1.00
+(11.00)
90
+(10.90)
+(10.30)
1.80
+(9.90)
+(9.45)
35
+(8.85)
A
+(8.20)
+(7.80)
2.30
+(7.20)
+(6.70)
+(6.00)
+(5.70)
1.80
+(5.00)
40
1.00
40
65
40
65
40
216
216
40

Analisi costruttiva

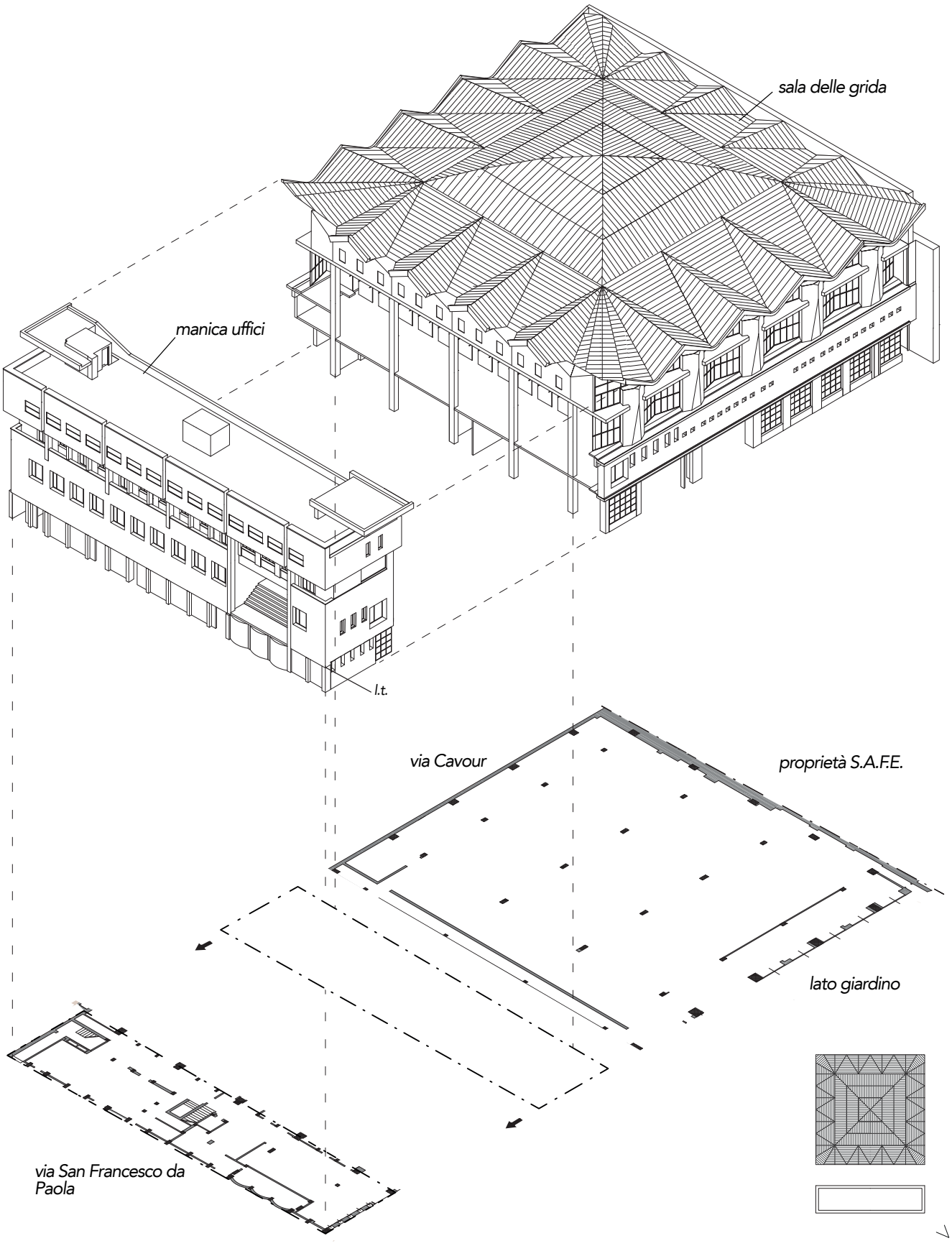
Roberto Gabetti, Aimaro Isola, Giorgio Raneri e Giuseppe Raineri, Palazzo per la Borsa Valori, Torino, 1952-56, particolare di prospetto su via Cavour. (Archivio Gabetti e Isola).

3.1 Organizzazione delle strutture resistenti

La Borsa Valori di Torino è costituita da due parti distributivamente differenti per accogliere in un unico edificio le numerose attività inerenti alla contrattazione: una grande sala quadrata, coperta da una volta che sembra perseguire un ideale pseudo-gotico, nota come ''Sala delle grida'', dove venivano ospitate la corbeille, il recinto delle grida e i posti riservati agli agenti di cambio, e un blocco rettangolare con affaccio su Via San Francesco da Paola, detto ''manica uffici'', che racchiudeva segreterie, biblioteche, spazi di rappresentanza e per il pubblico, e appunto gli uffici degli operatori di Borsa (Papuzzi, 2008).
Mentre questa porzione di edificio, comprendente l'affaccio principale e l'ingresso, è una struttura intelaiata su tre livelli con copertura piana che non presenta il caratteristico profilo ondulato (che caratterizza invece i restanti lati della struttura), la sala delle grida risulta essere uno spazio decisamente più complesso, studiato senza interruzioni spaziali al fine di massimizzare la circolazione e la visibilità tra gli operatori della Borsa e il pubblico. (Papuzzi, 2008). Un ambiente unico a tutt'altezza con pianta quadrata di lato 38 m, coperto da una volta a padiglione ribassata, composta da nervature che si intersecano ad angolo retto connesse da solette sottili. Tutte le superfici che definiscono il disegno della volta sono piane e sono caratterizzate da spigoli retti (Capitolato Speciale d'Appalto, Capo I, art. 28, 1953). La volta scarica su un sistema di quattro travi reticolari di sponda, tipo ''Neville'', che giacciono su piani inclinati di 39° rispetto all'orizzontale, risultando tangenti alla volta stessa, e i cui correnti inferiori sono raccordati tra loro in modo da realizzare un anello ottagonale che raccoglie le spinte provenienti dalla copertura.
Al di sotto delle reticolari troviamo un telaio perimetrale, ordinato con cinque pilastri per lato di sezione 60x60 cm, per quanto riguarda i tre centrali, e 50x80 cm per gli angolari, intervallato da due cinture armate alle quote 4.75 m e 9.20 m (cintura inferiore della trave reticolare). Il sistema di pilastri e travi ha il compito di raccoglie il peso proprio della trave ''Neville'' e di trasferirlo alle fondazioni, impedendole inoltre la possibilità di svergolamento. (Relazione tecnica allegata al progetto, motto ''Stellage 414'', Gabetti e Isola, Raineri, 1952)

La struttura resistente della Borsa Valori può quindi essere così sintetizzata:

- una volta poligonale ribassata di circa 23 m di lato che realizza la porzione centrale della copertura;
- un sistema di quattro travi reticolari inclinate, in continuità tra di loro, che corrono lungo il perimetro dell'edificio;
- un telaio perimetrale disposto su quattro lati provvisto di cinture armate di rinforzo.



Spaccato assonometrico della Borsa Valori di Torino. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

Nel disegno manica uffici e sala delle grida sono rappresentate divise. Questo perché i differenti ambienti non soltanto dovevano assolvere a funzioni distinte, ma addirittura risultano possedere impianti strutturali differenti.

3.1.1 La cupola poligonale

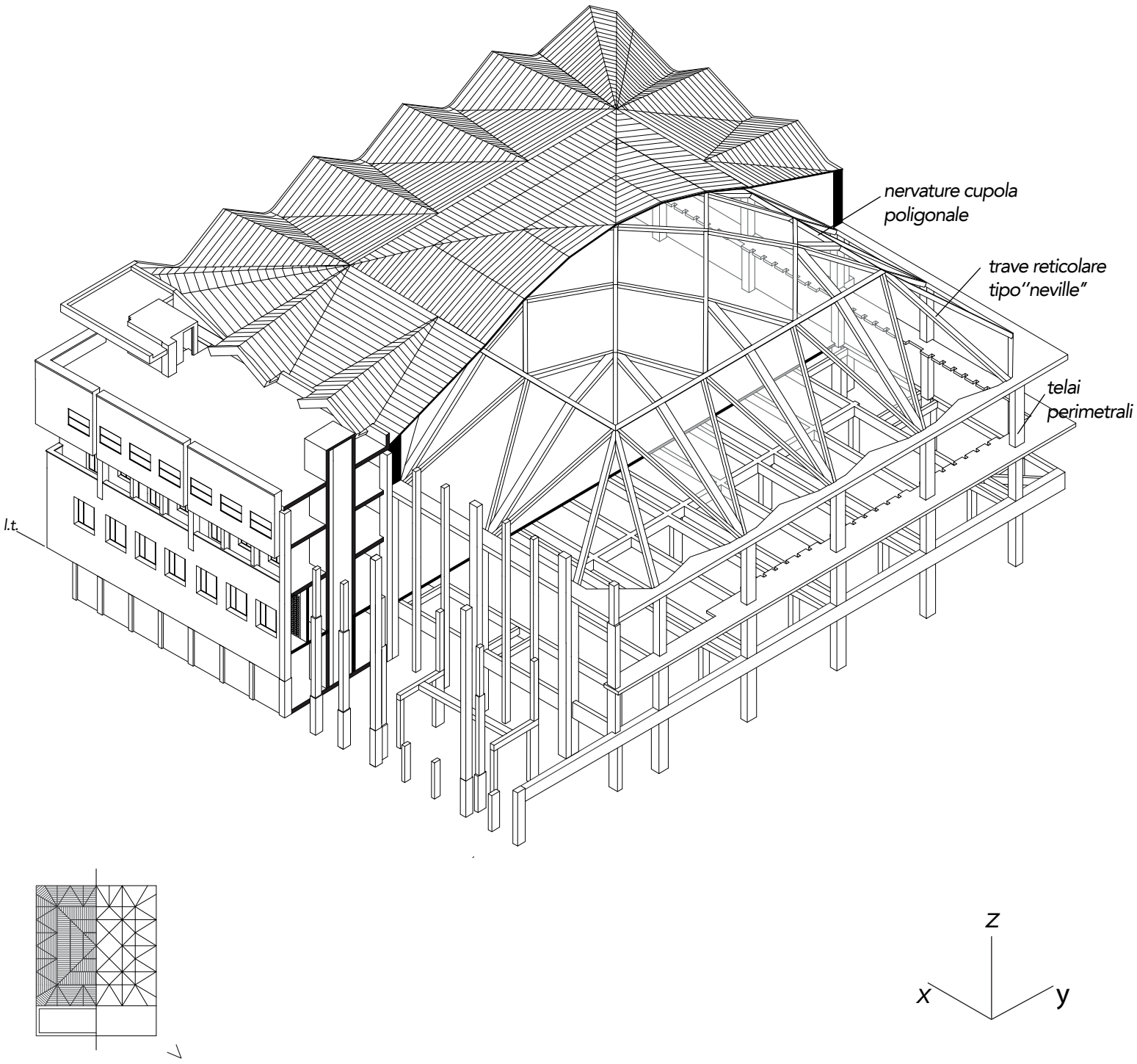
«La volta sottile è un poliedro formato da 12 facce quadrangolari aventi i lati paralleli alle diagonali della pianta e da 12 facce triangolari (mezzi quadrati) occorrenti per completare la copertura; gli spigoli sono costituiti da nervature larghe cm 25 con altezze variabili da 29 a 31 cm. [..] Parte della struttura è precompressa: l'ottagono di gronda, tutte le diagonali delle travature perimetrali e gli spigoli diagonali del padiglione quadrato (cupola)...» (Relazione di Collaudo Statico, II° - ''Il calcolo'', pp. 3,1957).[1]

«La struttura della cupola costituisce un sistema spaziale con molte indeterminazioni statiche, a cui si aggiungono la soletta della volta sottile con le nervature di rinforzo, la simultanea presenza di elementi precompressi e non, la mancanza di dati sicuri sopra il ritiro ed il fluimento del getto adoperato […]» (Relazione di Collaudo Statico, II° - ''Il calcolo'', pp. 5,1957).

«Di particolare delicatezza sono le strutture riguardanti la cupola di copertura del salone: essa è costituita di solette del minimo spessore regolamentare (8 cm.) e da nervature sulle due facce della soletta, intersecantisi in pianta, ad angolo retto. Tutti tali elementi sono costituiti da superfici piane e spigoli retti, con esclusione di qualsiasi elemento curvo» (Capitolato Speciale d'Appalto, Capo I, art. 28, 1953).

In queste righe, provenienti dalla Relazione di Collaudo Statico del prof. Ing. C.F. Camoletto e dal Capitolato d'appalto, è sintetizzato il disegno della parte centrale della copertura, formato quindi da due sistemi caratterizzati da regimi statici differenti (comportamento reticolare e comportamento a membrana) che coesistono.
Le nervature sono in grado di rispondere sia agli sforzi di compressione che a quelli di flessione, costituendo un sistema a reticolo caratterizzato da aste tese e compresse, a seconda delle sollecitazioni.
La volta sottile in calcestruzzo invece, valutata singolarmente, e quindi indipendente dal sistema nervato, è in grado di rispondere unicamente allo sforzo normale N.
I due sistemi interagiscono secondo modalità di difficile valutazione, chiamando la soletta a rispondere anche a sollecitazioni flessionali e le nervature a torsione (Tarantino, 2000).
Dai materiali consultati risulta difficile determinare con esattezza se la copertura sia composta da un'unica soletta poliedrica in calcestruzzo, realizzata al di sopra di un sistema a graticolo «di rinforzo» (come afferma la relazione di collaudo), o se invece le solette (più di una, come riporta il capitolato d'appalto) fungano unicamente come riempimento dell'articolato sistema di nervature.
È possibile ipotizzare, mettendo a confronto i disegni conservati nell'archivio Raineri con quelli dell'archivio Gabetti e Isola, nonché con il recente rilievo fornito dalla Camera di Commercio di Torino, che la relazione di Collaudo statico (1957) si

[1] Nella Relazione di collaudo statico per ''ottagono di gronda'' si intende il corrente inferiore della trave reticolare, mentre gli spigoli diagonali sono le due nervature che uniscono i quattro spigoli del quadrato a base della cupola a padiglione.



Spaccato assonometrico della Borsa Valori di Torino. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

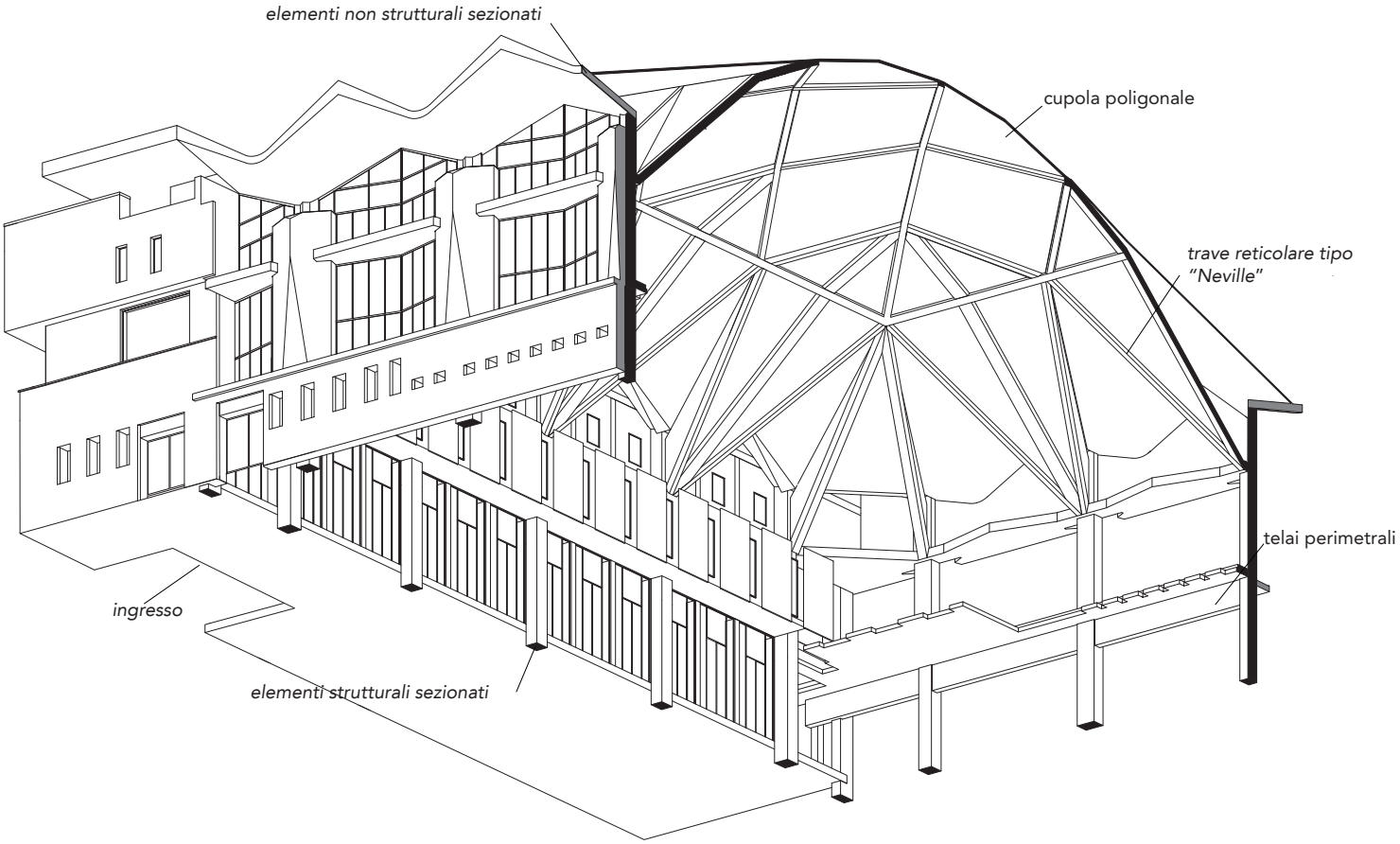
Il disegno mette in evidenza quali sono gli elementi a sostegno della Borsa Valori. Da un lato l'edificio è rappresentato come completo; dall'altra parte la Borsa è spogliata di tutti i suoi componenti non strutturali (copertura, serramenti, tamponamenti ecc.) e rappresentata solo attraverso il suo complesso scheletro di calcestruzzo armato.

riferisca all'opera effettivamente realizzata, mentre il capitolato d'appalto (1953) analizzi le tavole di progetto ancora prive delle modifiche attuate in corso d'opera.
I disegni dell'archivio Raineri mostrano infatti, in accordo con la descrizione fornita dal capitolato d'appalto, una volta con nervature sia all'intradosso che all'estradosso della copertura, pensata probabilmente in un primo momento come un ordinato sistema di nervature reso uniforme da solettine di sezione ridotta.
Nelle tavole successive invece, firmate dall'Impresa Giberti [2] e con timbro dell'impresa Monateri, tutte le nervature risultano completamente al di sotto della soletta, facendo pensare che quest'ultima sia da intendersi come unica (poliedro formato da facce), appoggiata su un sistema appunto «di rinforzo», pertinente con quanto descritto nella relazione di collaudo.
Qualsiasi ipotesi si decida di prendere come riferimento, questa particolare sezione di copertura del salone risulta, in ambedue i casi, difficile da determinare sotto l'aspetto statico, innanzitutto per via dell'incertezza della cooperazione tra il reticolo spaziale e le solette, ma anche per la concomitante presenza di elementi precompressi e non. Ad aumentare la difficoltà relative a questa indagine strutturale, si va inoltre ad aggiungere l'assenza di dati sicuri inerenti il ritiro del cemento (Relazione di Collaudo Statico, ing. C.F. Camoletto, pp. 5,1957), che potrebbe portare ad ulteriori variazioni dello stato tensionale degli elementi analizzati.

3.1.2 Le travi reticolari

La diretta continuazione della cupola poligonale è costituita da una serie quattro travi reticolari, disposte lungo il perimetro quadrato di copertura, inclinate sul fronte interno in modo tale da risultare tangenti alla superficie che la precede (Giau, 2008), così da raccogliere le forze agenti nel piano. Geometricamente queste travi possono essere descritte come dei trapezi isosceli, dotati di un lato più stretto (corrente superiore) e di una base d'appoggio (corrente inferiore) più largo, divisi in sette campi mediante una serie di aste di parete. Particolarità di queste reticolari risulta essere la compresenza di lastre in calcestruzzo in perfetta continuità statica con la cupola, a chiusura dei tre campi superiori, e di lunette in cemento, all'interno delle quali prendono posto le parti sommitali dei serramenti delle facciate laterali.
A differenza delle ordinarie travi reticolari, dove troviamo campi liberi tra le varie aste, l'inserimento delle solette triangolari modifica di molto la distribuzione dei carichi che questi elementi sono tenuti a sopportare. Per ovviare al pericolo di inflessione delle aste, ascrivibile al peso proprio di queste solette, le armature che corrono all'interno di questi elementi sono state concepite come precompresse con lo scopo di migliorarne la resistenza meccanica, anche nei casi di sola compressione.
Le quattro travi sono accuratamente unite, nel punto più alto, attraverso quattro nodi angolari nei quali si intrecciano le

[2] Antonio Giberti, progettista e direttore dei lavori di cemento armato, ingegnere per l'impresa Monateri di Torino. Il suo nome compare nel fascicolo n.8344 "Calcoli statici della cupola"del 1954 e in tutte le tavole strutturali redatte dalla Monateri e di proprietà intellettuale della Casa Dyckerhoff & Widmann.



Sezione assonometrica passante per il centro della volta con indicazione degli elementi strutturali (campitura nera) e degli elementi non strutturali (campitura grigia). (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

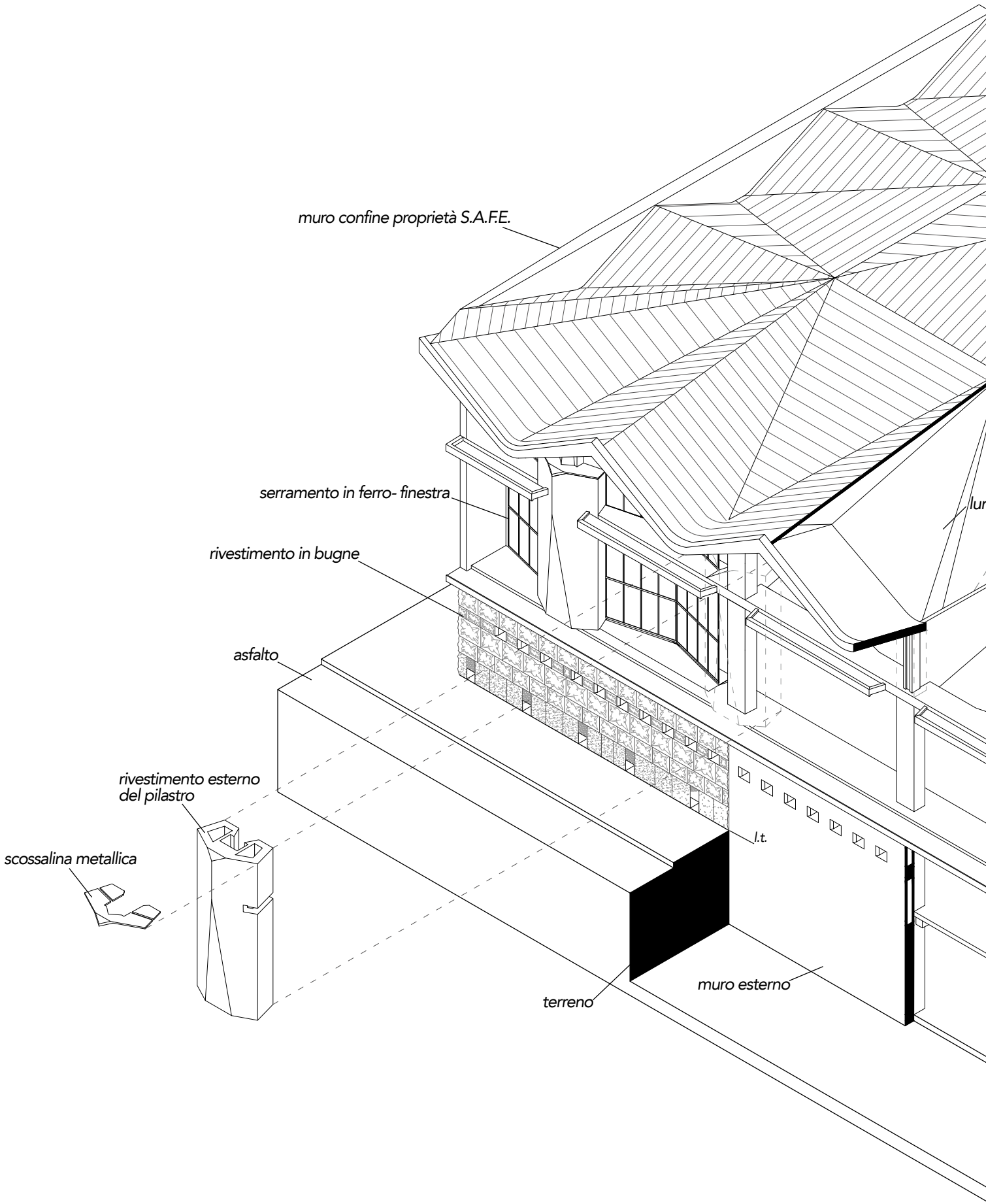
armature delle travature e degli spigoli del padiglione e, nella parte bassa, da una cintura ottagonale di collegamento dei correnti inferiori, che svolge la funzione di cerchiatura della volta spingente (Relazione tecnica allegata al progetto, ''Stellage 414'', 1952). Questa cintura inferiore, fondamentale per il funzionamento complessivo della struttura, risulta essere tesa lungo tutto il suo sviluppo e, oltre a fungere da catena perimetrale e base d'appoggio di tutto il sistema sovrastante, svolge un importante funzione di irrigidimento per il telaio sul quale si innesta.
Inoltre, anche la cintura ottagonale è precompressa, dato che è tenuta a rispondere a sforzi di trazione, a differenza del corrente superiore, soggetto prevalentemente a sforzi di compressione derivanti dal peso proprio della copertura, dai sovraccarichi e dalle forze introdotte dalla pretensione della cupola poligonale (Calcoli Statici della Cupola, fasc. n° 8344, 1954).

3.1.3 Telai perimetrali

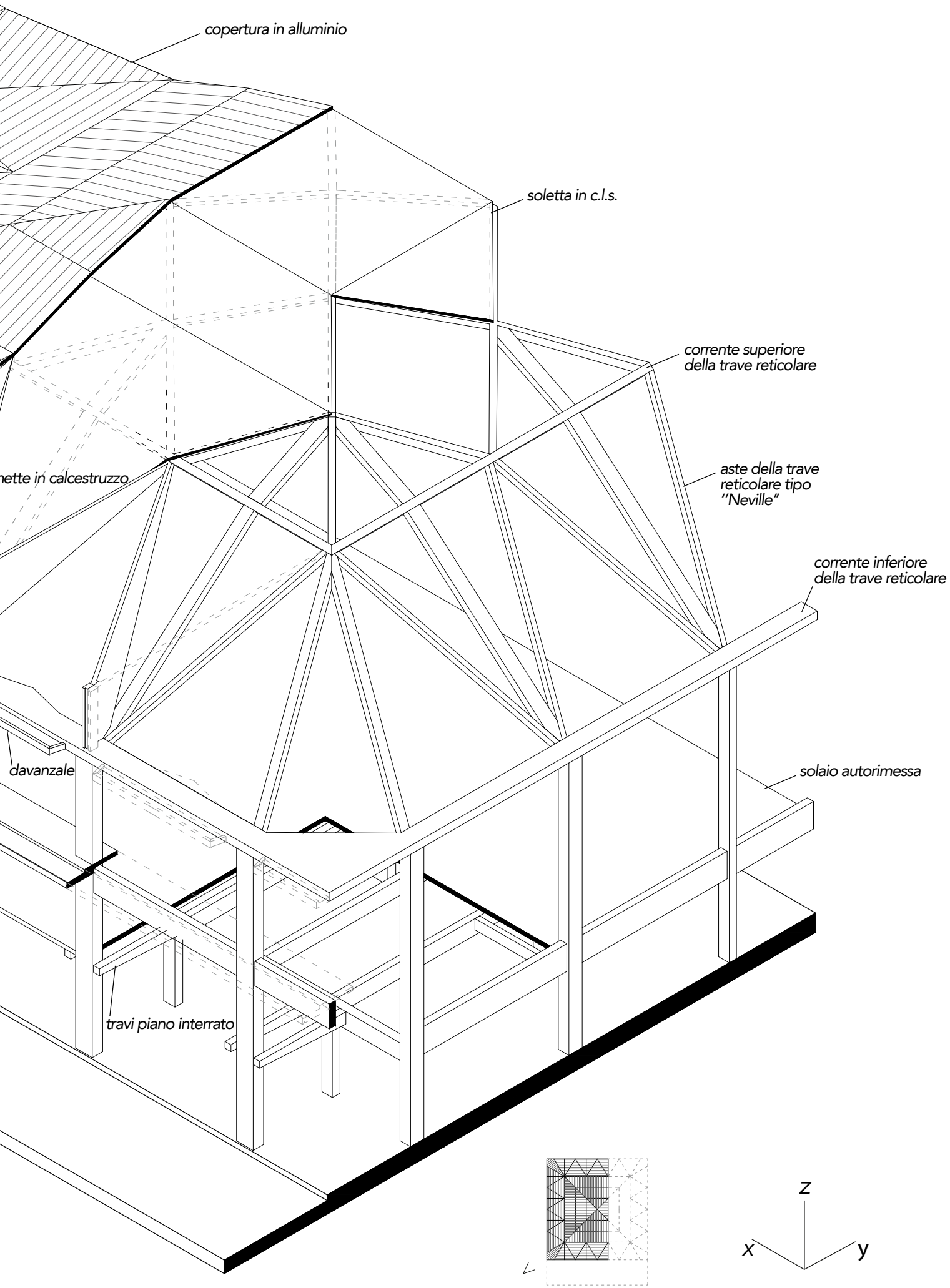
Gli appoggi sui quali la copertura scarica (visto come insieme di cupola e travi reticolari), consistono in una serie di pilastri perimetrali. Questi hanno sezioni resistenti in calcestruzzo armato di 68x60 o 50x80 cm e risultano inseriti in cassevuote di forma pentagonale, larghe circa 2,80 m che scandiscono le facciate su via Cavour e sul giardino.
Questi grossi contenitori, che svolgono una funzione prevalentemente compositiva, nascondono le varie intersezioni tra i pilastri e le due cinture perimetrali.
I carichi provenienti dalla cupola, vengono supportati principalmente dagli otto pilastri angolari (Relazione tecnica allegata al progetto, ''Stellage 414'', 1952), i quali ricevono anche parte del peso dell'asta diagonale più esterna (D1). Le colonne intermedie invece, tre per ogni lato del salone, hanno il compito di rispondere alle sollecitazioni indotte dal peso proprio delle aste della reticolare, oltre che assorbire il momento generato dalla volta. (Tarantino, 2000)
Oltre alle due cinture perimetrali, rappresentate dal corrente inferiore della reticolare e dalla fascia in c.a. dotata di solettine sporgenti nelle due direzioni, è presente un ulteriore elemento irrigidente a supporto dei piedritti perimetrali. Il solaio in cemento armato a soletta piena, che divide l'ambiente l'autorimessa (interrato) e il salone, è sorretto da un fitto schema di travi di sezione 37x73 cm e, collegandosi al sistema degli appoggi perimetrali, si prefigura come valido strumento che si oppone alle forze orizzontali che investono l'edifico.

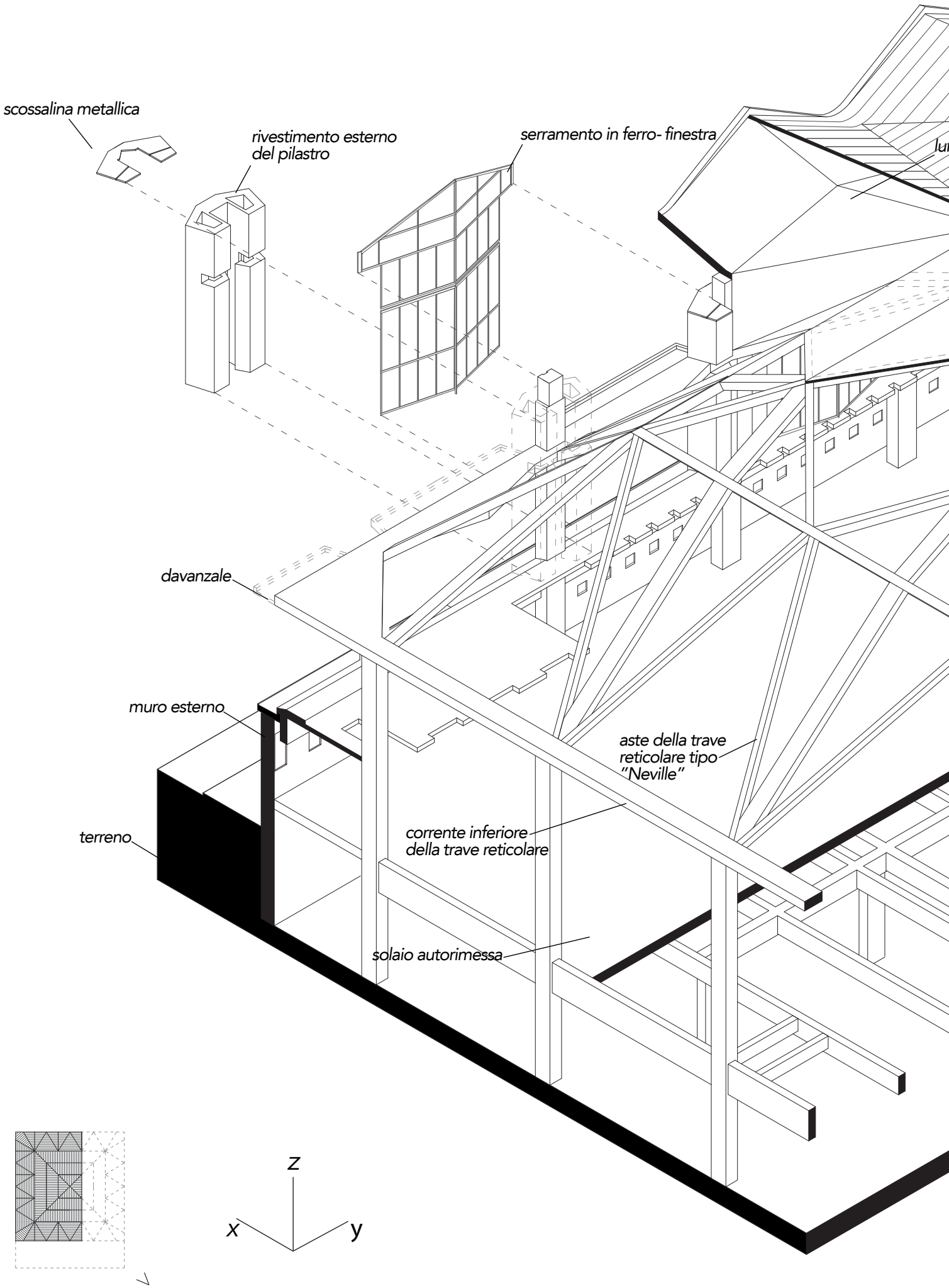
3.2 Sotto la pelle dell'edificio

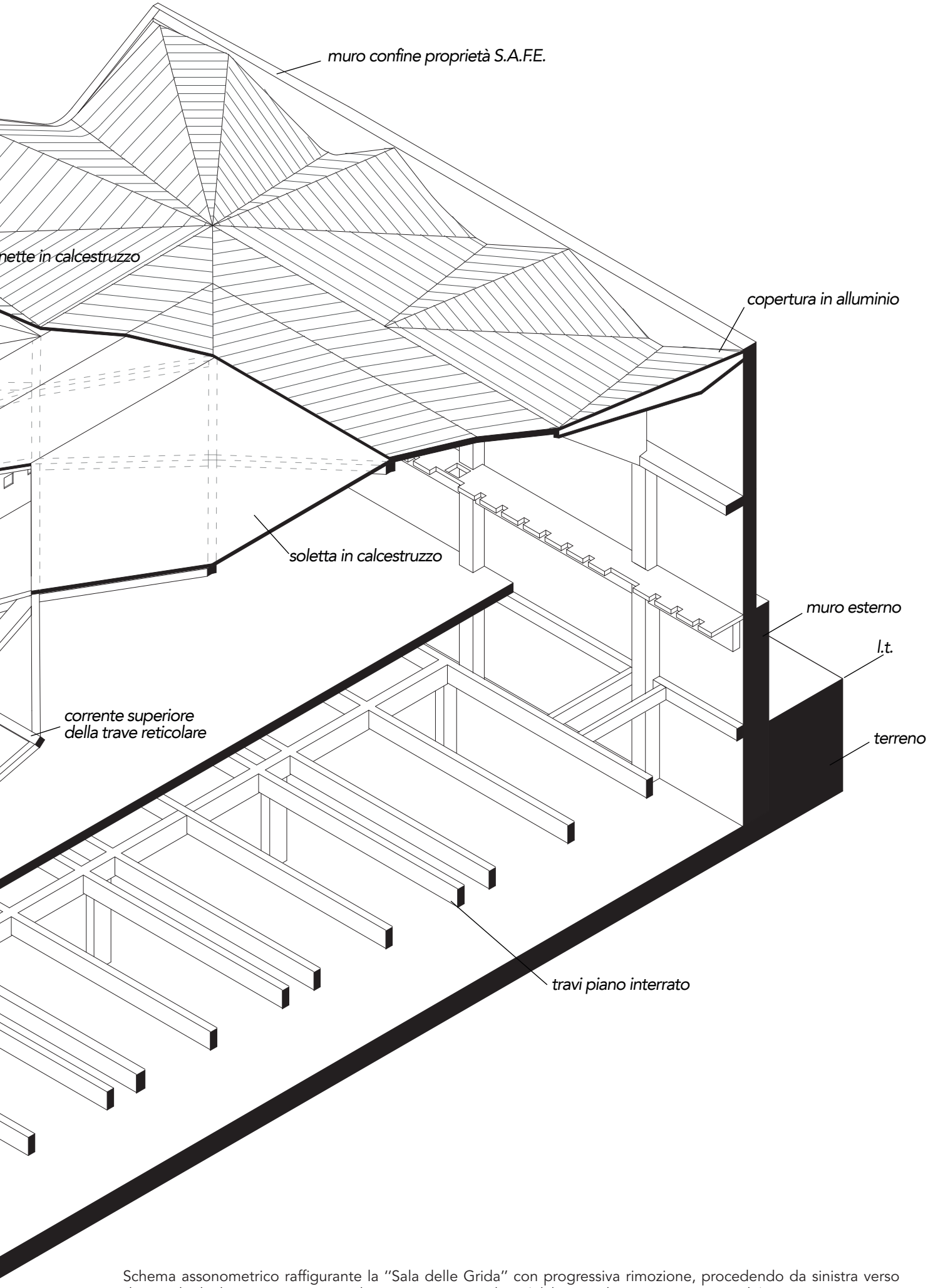
Andando progressivamente a rimuovere gli elementi che compongono la Borsa si possono notare una serie differenze tra la forma che l'edificio presenta esternamente rispetto alle sue reali caratteristiche strutturali, apprezzabili solo dal suo interno. Guardando i prospetti che danno su via Cavour e sul giardino si vede un basamento formato da bugne dal quale partono una serie di pilastroni a sezione variabile che delimitano delle grandi finestre e sui quali sembra galleggiare una copertura ondulata. Quest'ultima poggia al di sopra dei pilastroni, con l'interposizione di elementi più sottili; all'interno, invece, l'appoggio della grande volta è più basso, ed è segnato dall'anello ottagonale da cui partono gli spicchi triangolari che costituiscono la vera copertura. Guardando l'elemento di copertura dalla sala delle grida ci si accorge che, al di sopra dell'anello ottagonale, si innestano una serie di lunette (quattro per lato) formate da pareti in calcestruzzo costruite sulle diagonali della trave reticolare.



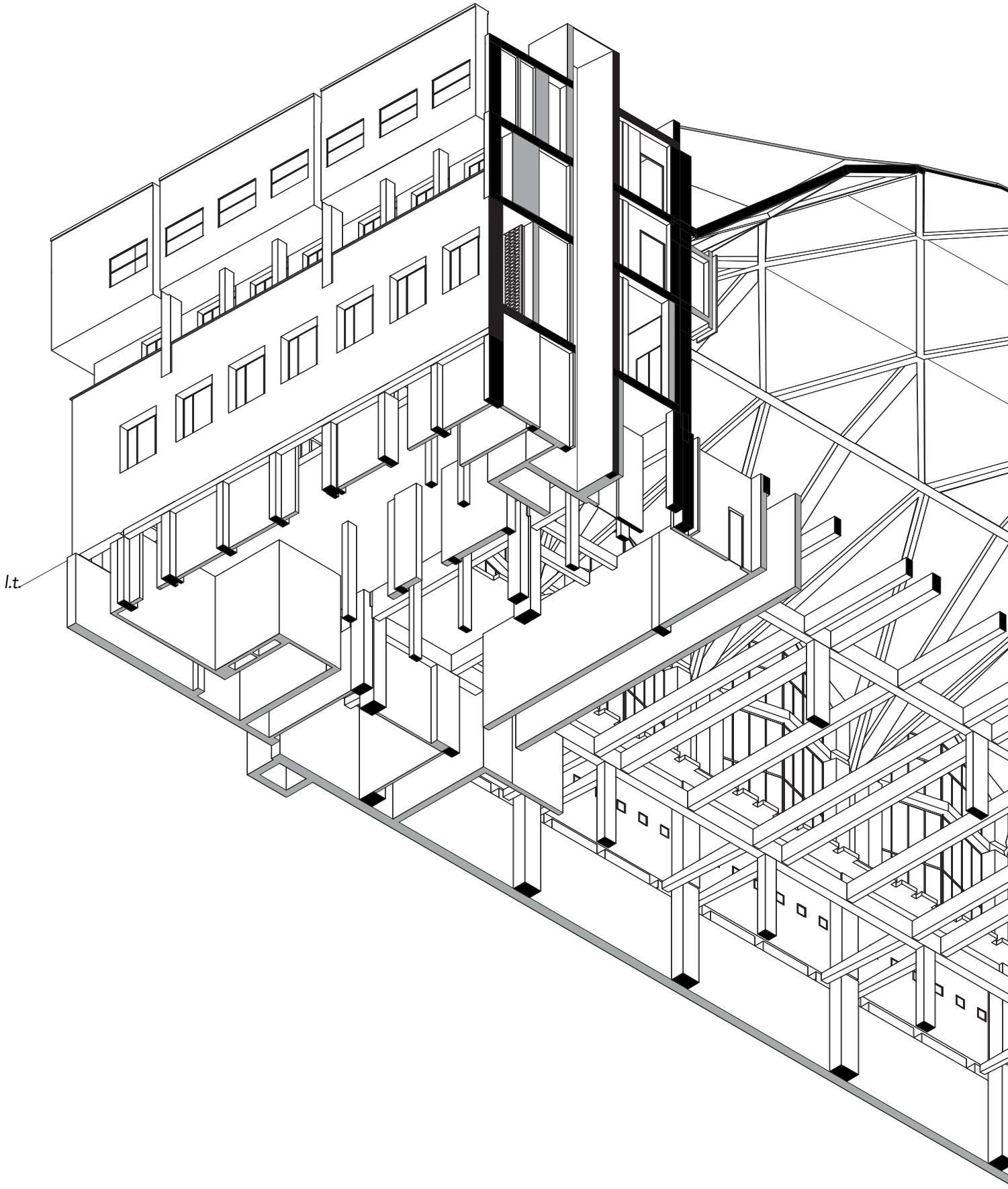
Schema assonometrico raffigurante la ''Sala delle Grida'' con progressiva rimozione, procedendo da sinistra verso destra, degli elementi non strutturali. Prospetto su via Cavour. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)


copertura in alluminio
soletta in c.l.s.
corrente superiore della trave reticolare
aste della trave reticolare tipo ''Neville"
corrente inferiore della trave reticolare
solaio autorimessa
travi piano interrato
z
x
y

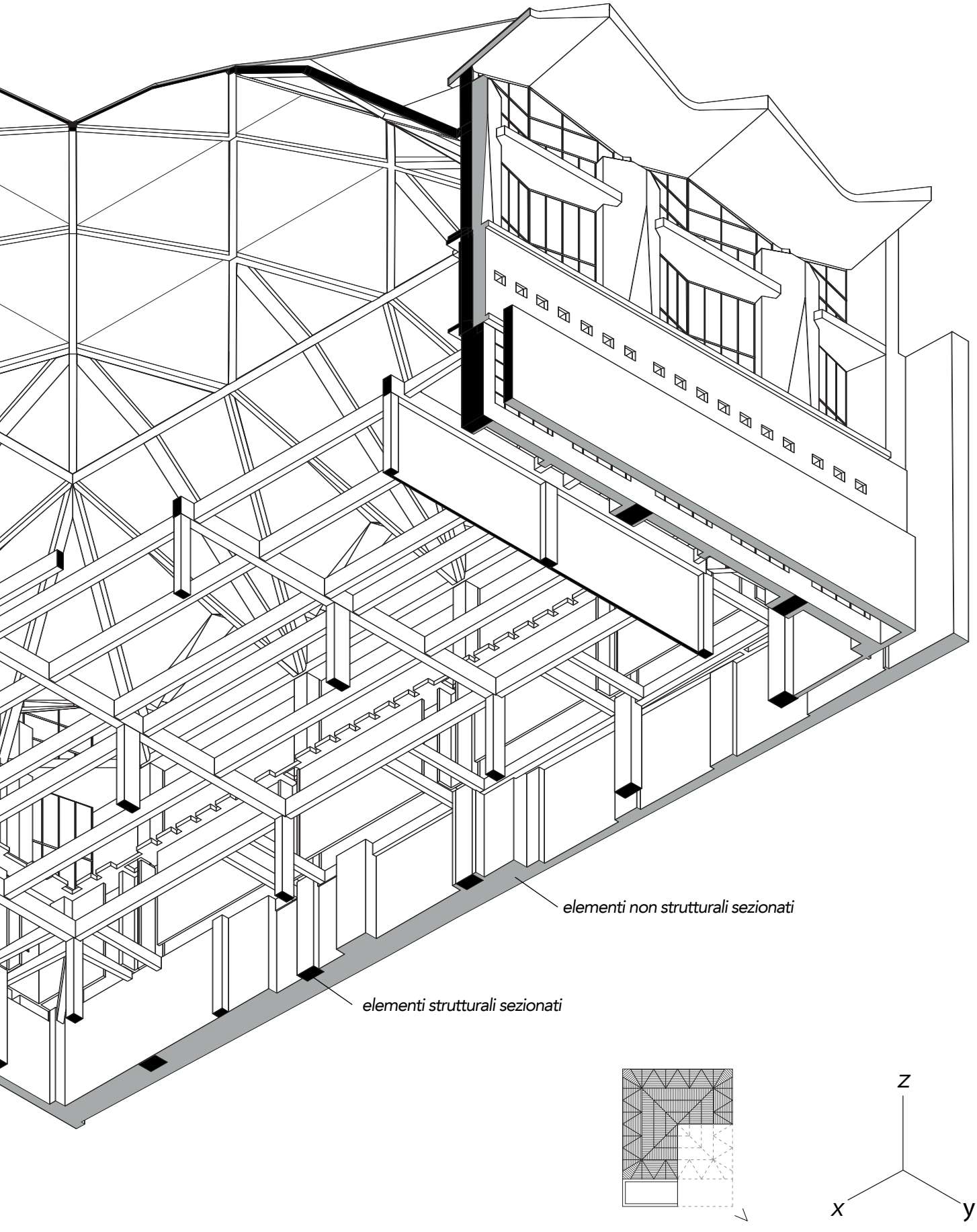

scossalina metallica
rivestimento esterno del pilastro
serramento in ferro- finestra
davanzale
muro esterno
aste della trave reticolare tipo "Neville"
terreno
corrente inferiore della trave reticolare
solaio autorimessa
z
x
y



Schema assonometrico raffigurante la ''Sala delle Grida'' con progressiva rimozione, procedendo da sinistra verso destra, degli elementi non strutturali. Prospetto su giardino. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

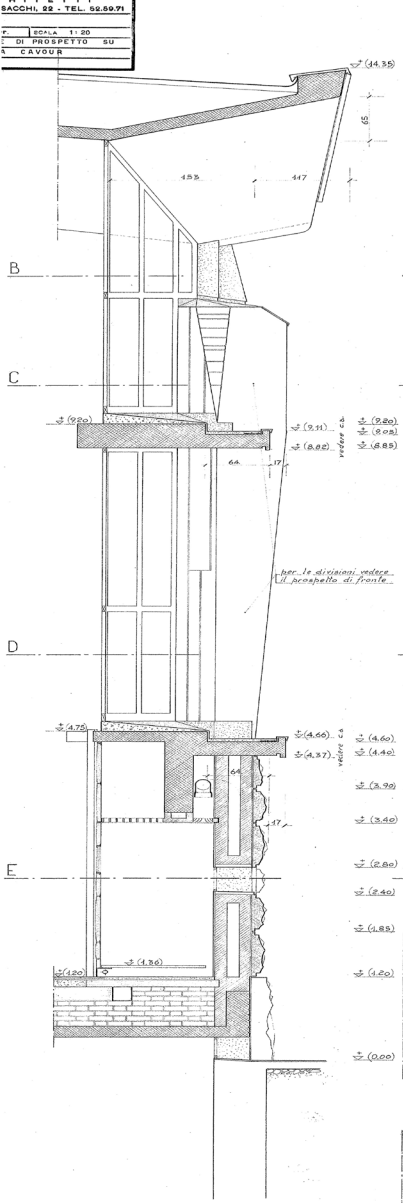


Spaccato assonometrico con indicazione degli elementi strutturali (campitura nera) e degli elementi non strutturali (campitura grigia). (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

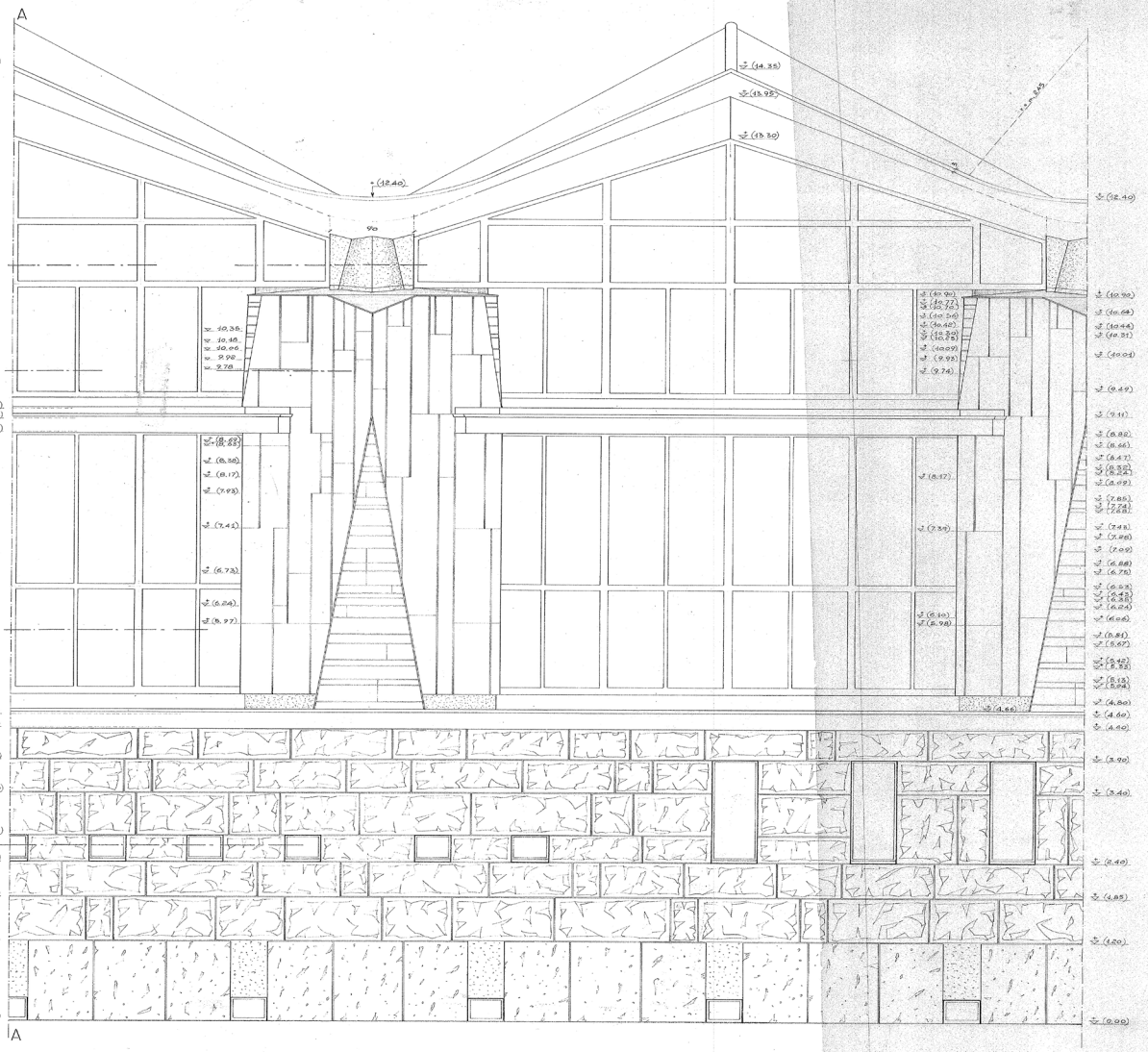

elementi non strutturali sezionati
elementi strutturali sezionati
z
x
y

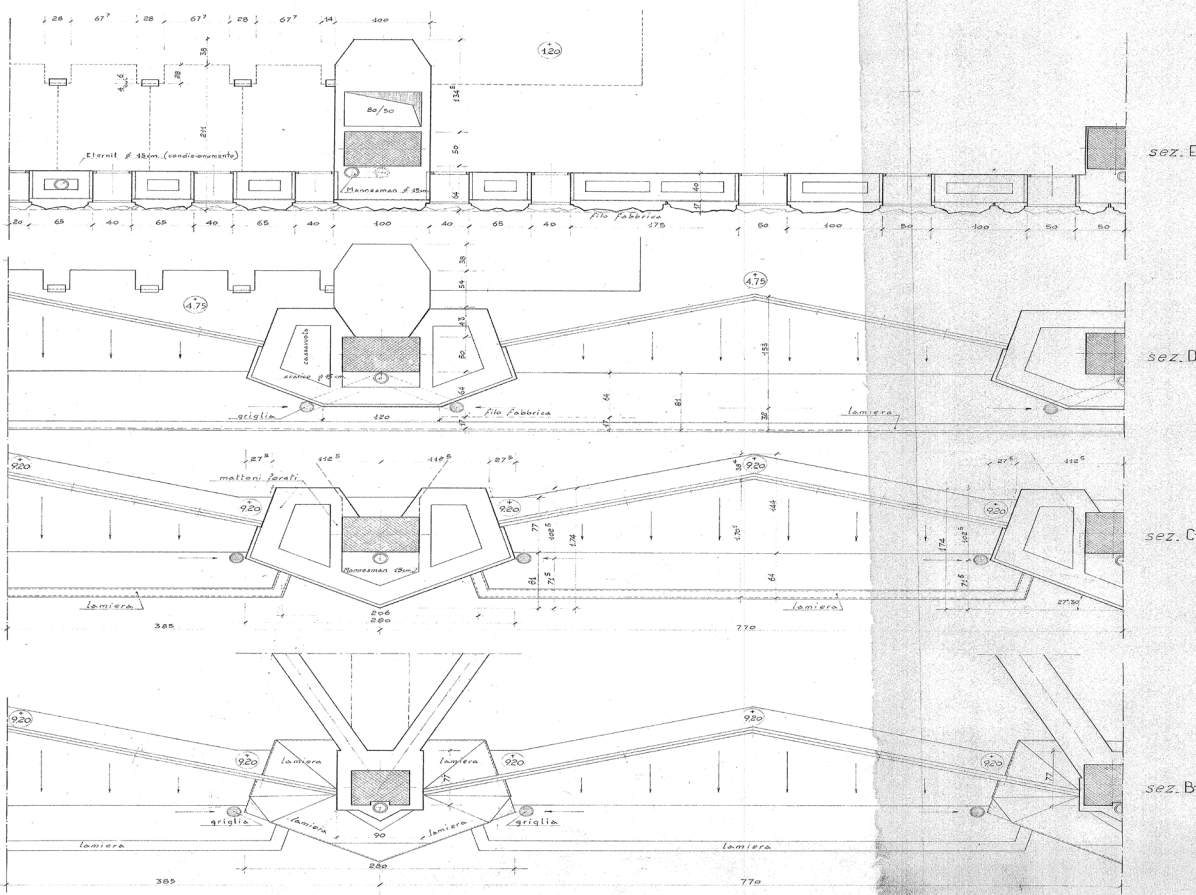
'ALORI DI TORINO
BERTO GABETTI
MARO ISOLA
ORGIO RAINERI
H I T E T T I
SACCHI, 22 - TEL. 52.59.71

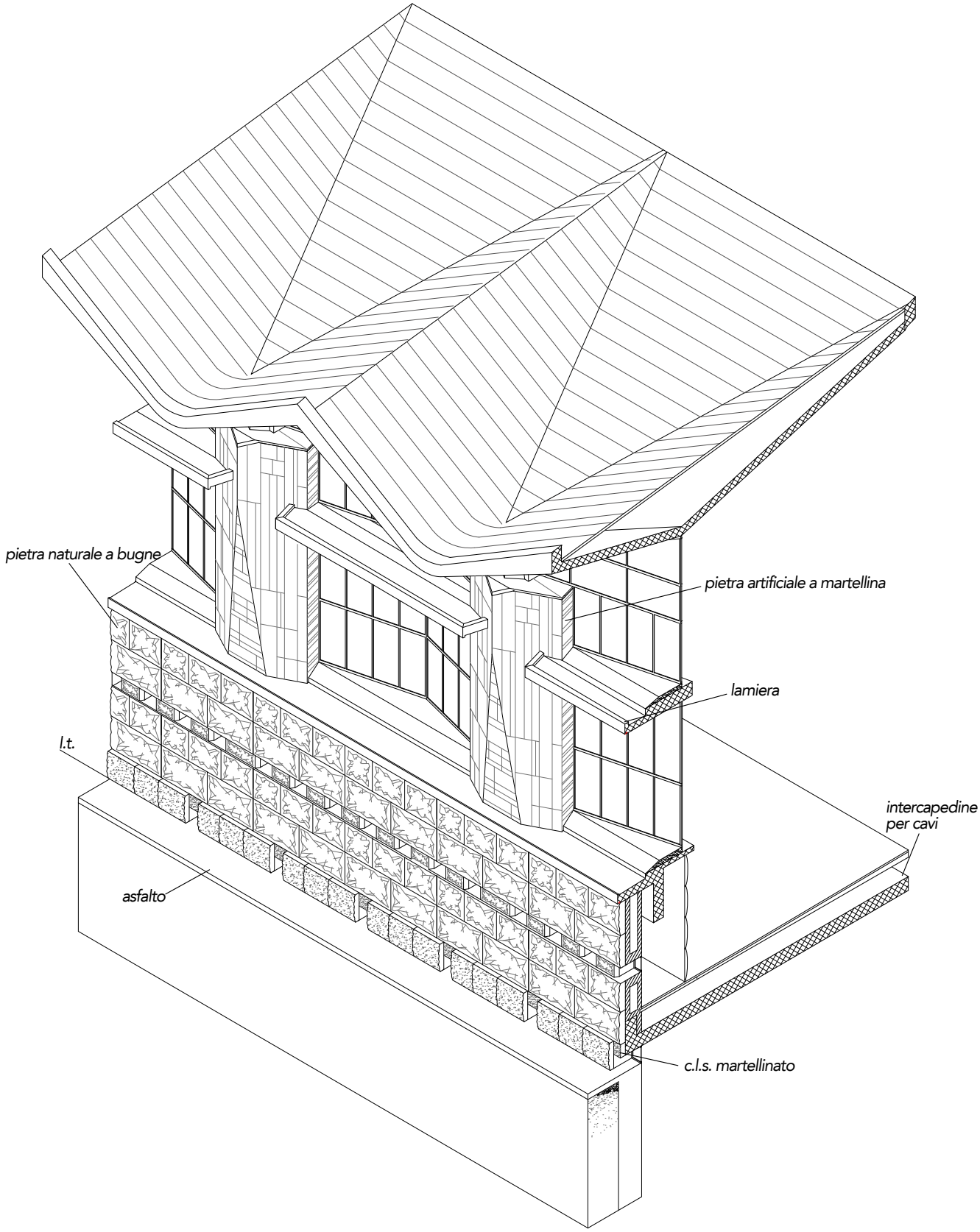
SCALA 1:20
DI PROSPETTO SU
CAVOUR



sez. A-A

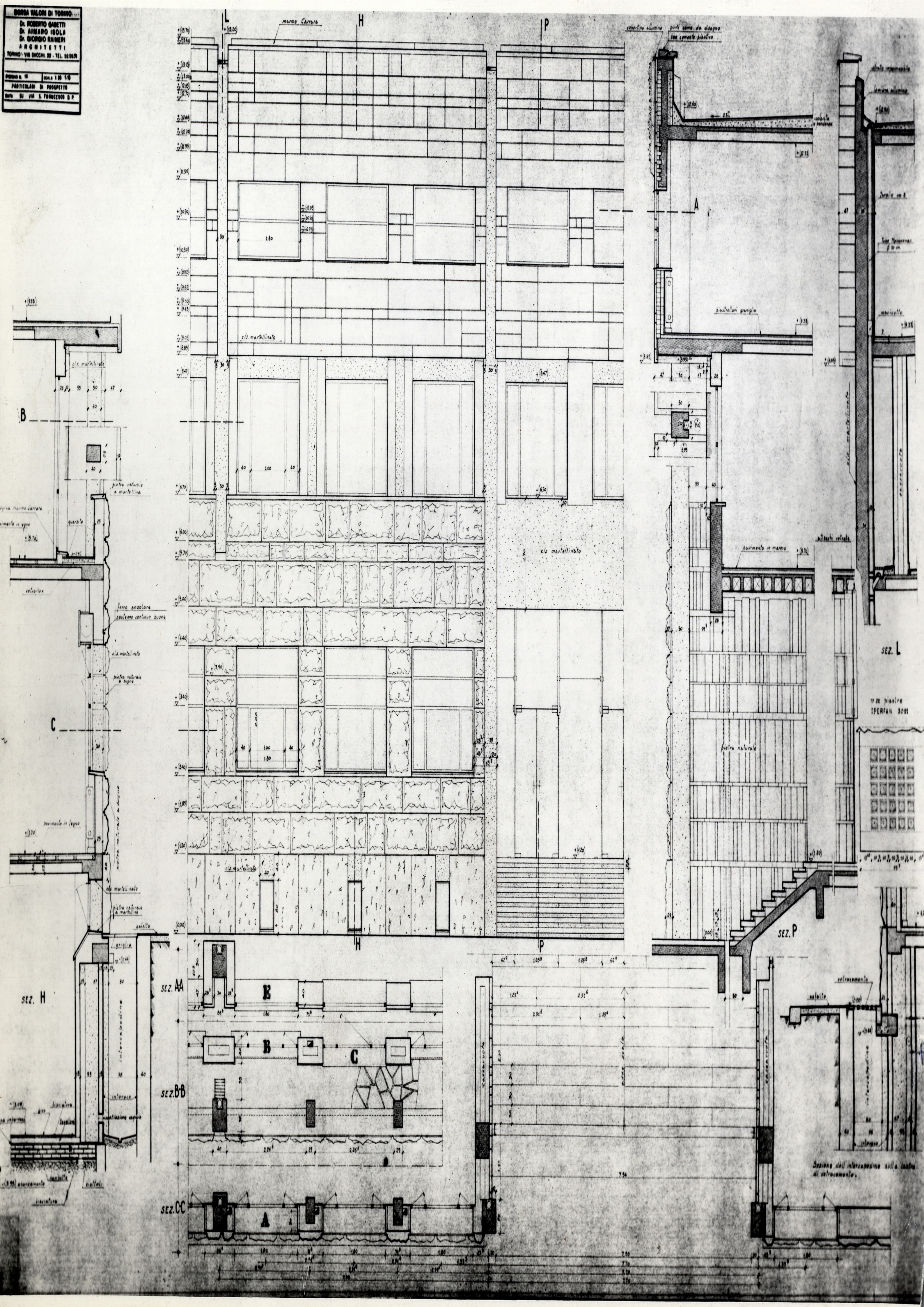


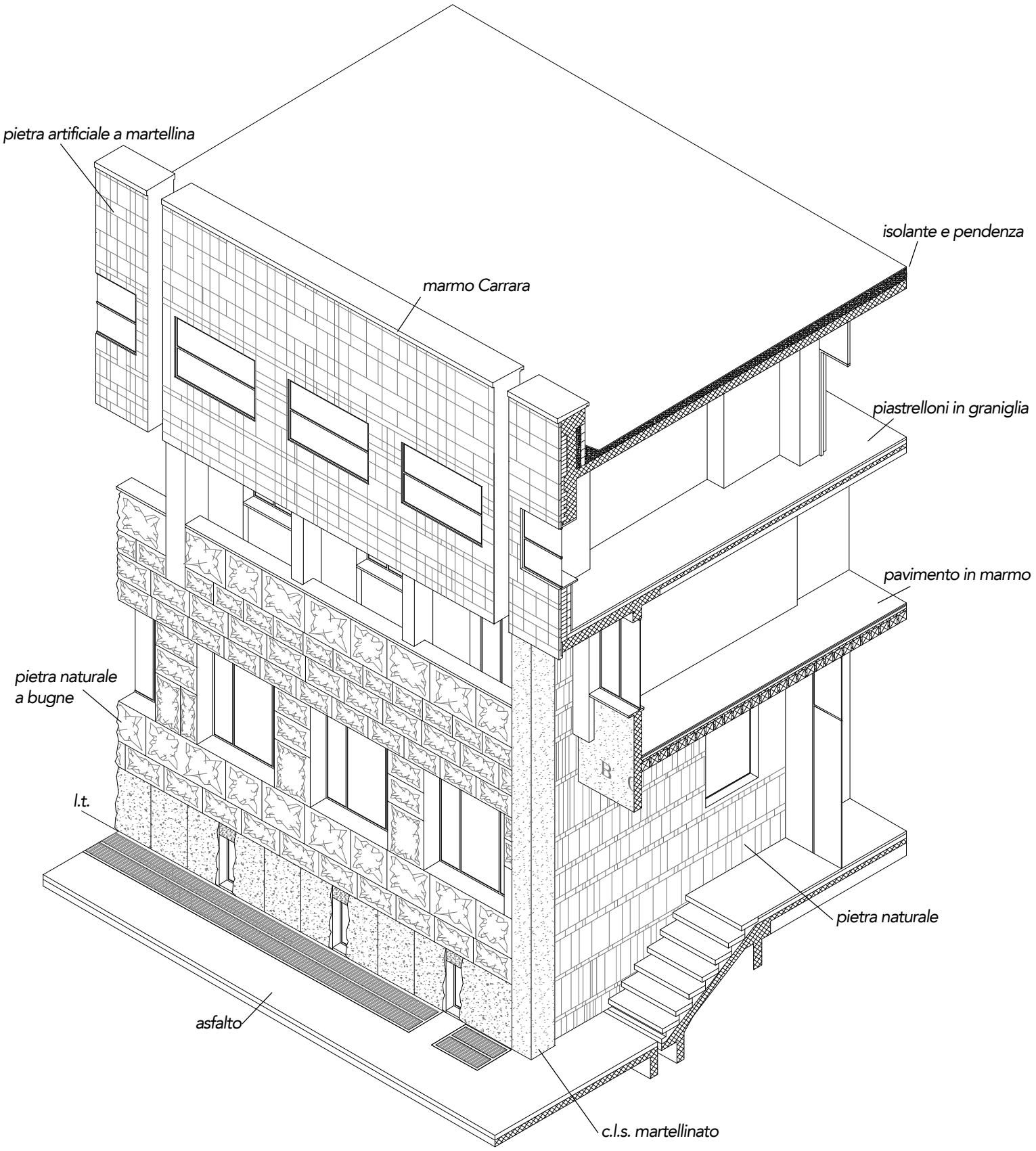




Nella pagina precedente: Particolare di prospetto su via Cavour. (Archivio Gabetti e Isola).

In alto: Sezione assonometrica elaborata a partire dal particolare di prospetto su via Cavour (1952). (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)


BORSA VALORI DI TORINO
Dr. ROBERTO GABETTI
Dr. AIMARO ISOLA
Dr. GIORGIO RAINERI
ARCHITETTI
TORINO - VIA SACCHI, 22 - TEL. 52.59.71
DISEGNO N. 14
SCALA 1:20 1:10
PARTICOLARI DI PROSPETTO
LATO SU VIA S. FRANCESCO D. P.
marmo Carrara
cls martellinato
pietra naturale
pavimento in marmo
SEZ. H
SEZ. L
SEZ. P
SEZ. AA
SEZ. BB
SEZ. CC
intercapedine
Sezione dell'intercapedine sulla testata di vetrocemento.

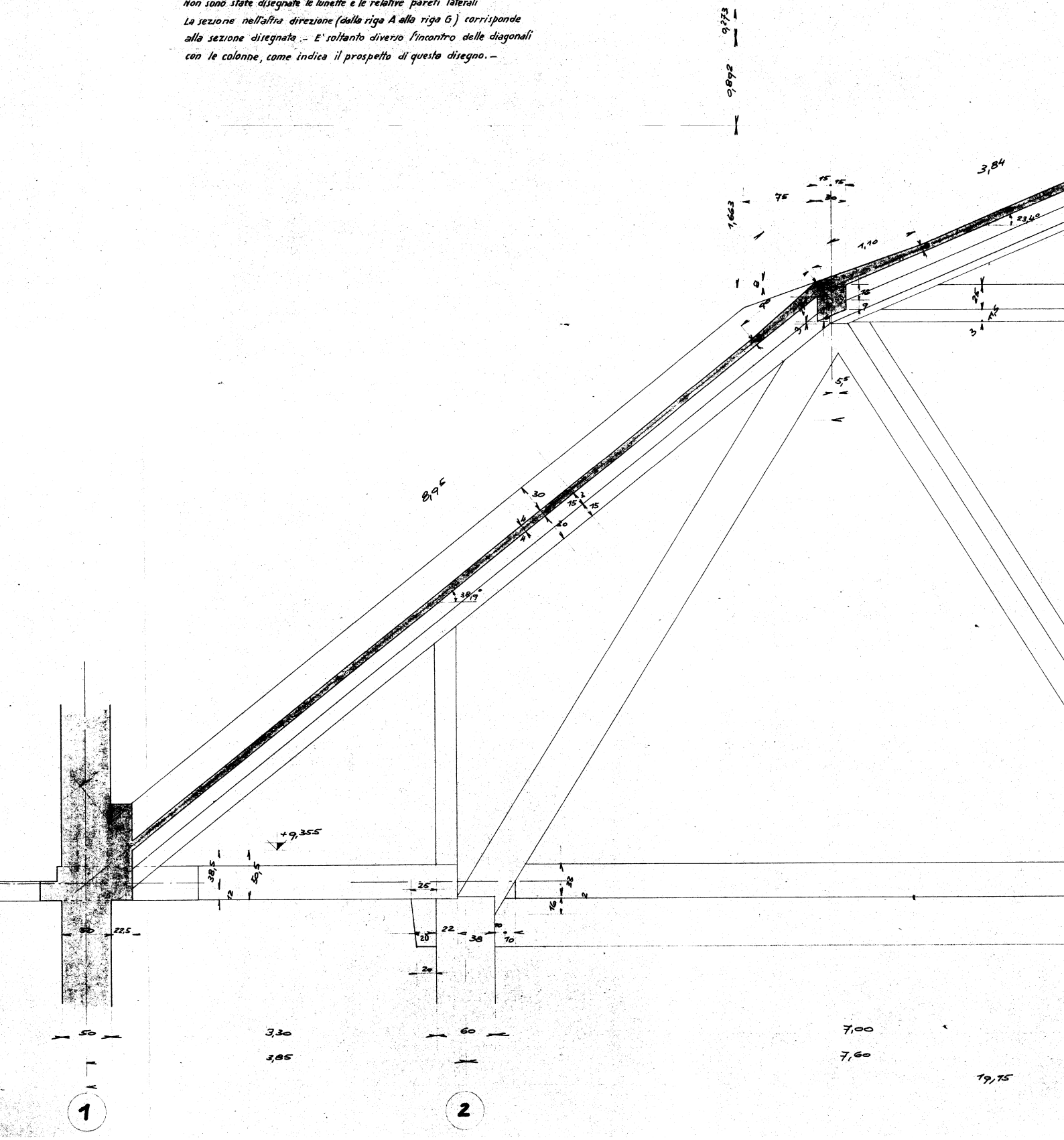


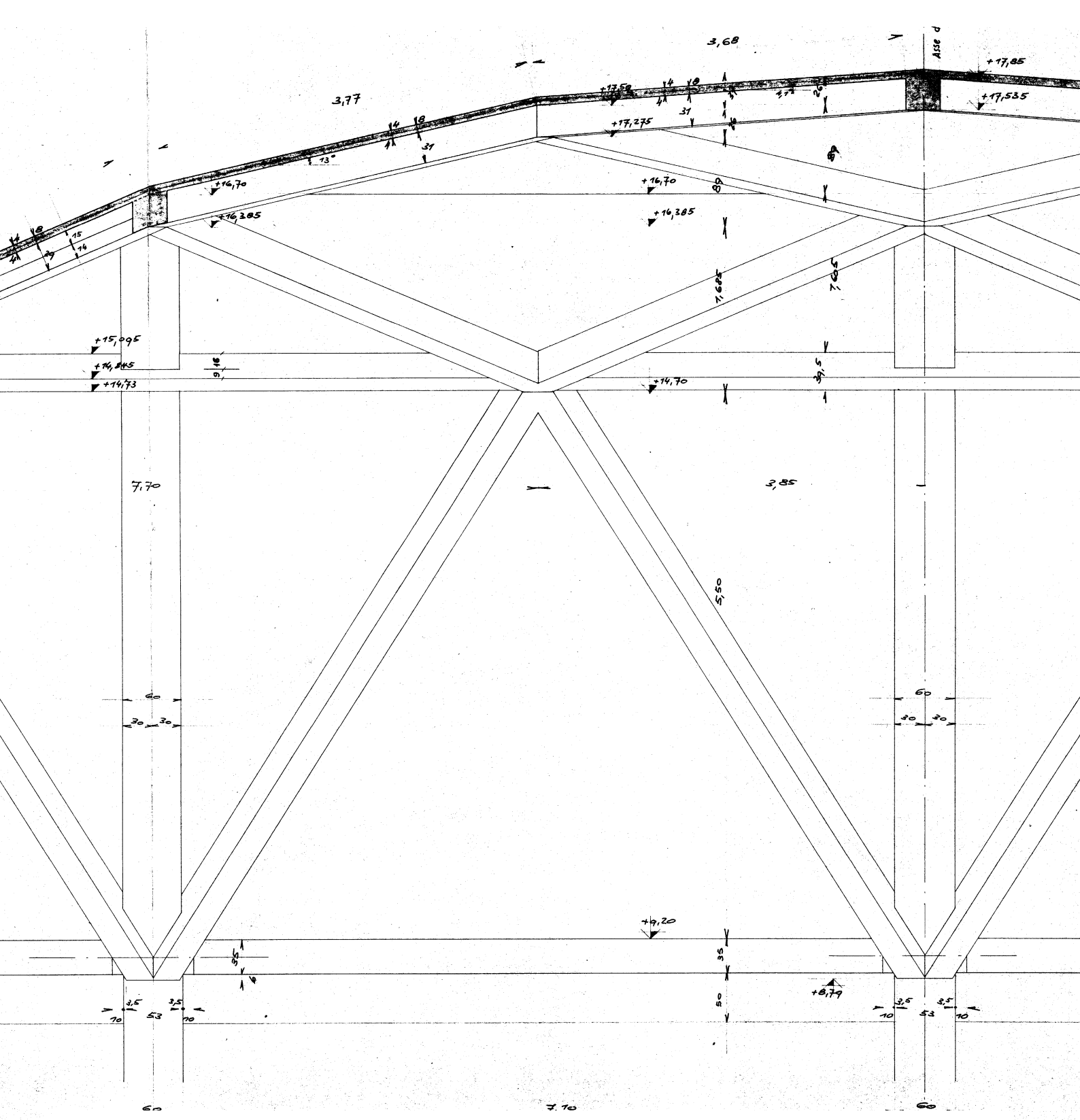
Nella pagina precedente: Particolare di prospetto su via San Francesco da Paola. (Archivio Gabetti e Isola).

In alto: Sezione assonometrica elaborata a partire dal particolare di prospetto su via San Francesco da Paola (1952). (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)

NOTA

E' stata disegnata solo una meta' della sezione - L'altra meta' e' simmetrica
non sono state disegnate le lunette e le relative pareti laterali
La sezione nell'altra direzione (dalla riga A alla riga G) corrisponde
alla sezione disegnata - E' soltanto diverso l'incontro delle diagonali
con le colonne, come indica il prospetto di questo disegno. -





Analisi strutturale

Sezione trasversale della cupola della Borsa Valori, impresa Monateri, Torino, 1954. (Archivio Gabetti e Isola)

La Tesi ha una duplice finalità:
- mettere in relazione i valori ricavati dalla Relazione di calcolo dell'ing. Giberti (fascicolo n. 8344 Calcoli statici della Cupola, Impresa Geom. P. Monateri, Torino, 1954) , nel confronto con quelli risultanti dalla modellazione agli elementi finiti con il codice di calcolo Pro_Sap;
- simulare attraverso il medesimo software il comportamento dell'edificio in risposta alle azioni sismiche, secondo le attuali normative (D.M. 2018)[1], e valutarne la classe di resistenza prima e dopo gli interventi di miglioramento sismico.

4.1 Creazione di un modello simulato

Il modello simulato rispecchia le caratteristiche dell'opera al momento della sua costruzione, attraverso l'individuazione del suo schema statico e la definizione delle proprietà di tutti gli elementi che la compongono (dimensionamento).
Questo si compone di nodi (punti nello spazio individuati mediante le coordinate cartesiane X,Y,Z in un sistema di riferimento globale destrogiro con asse Z verticale) ed elementi strutturali suddivisi in:

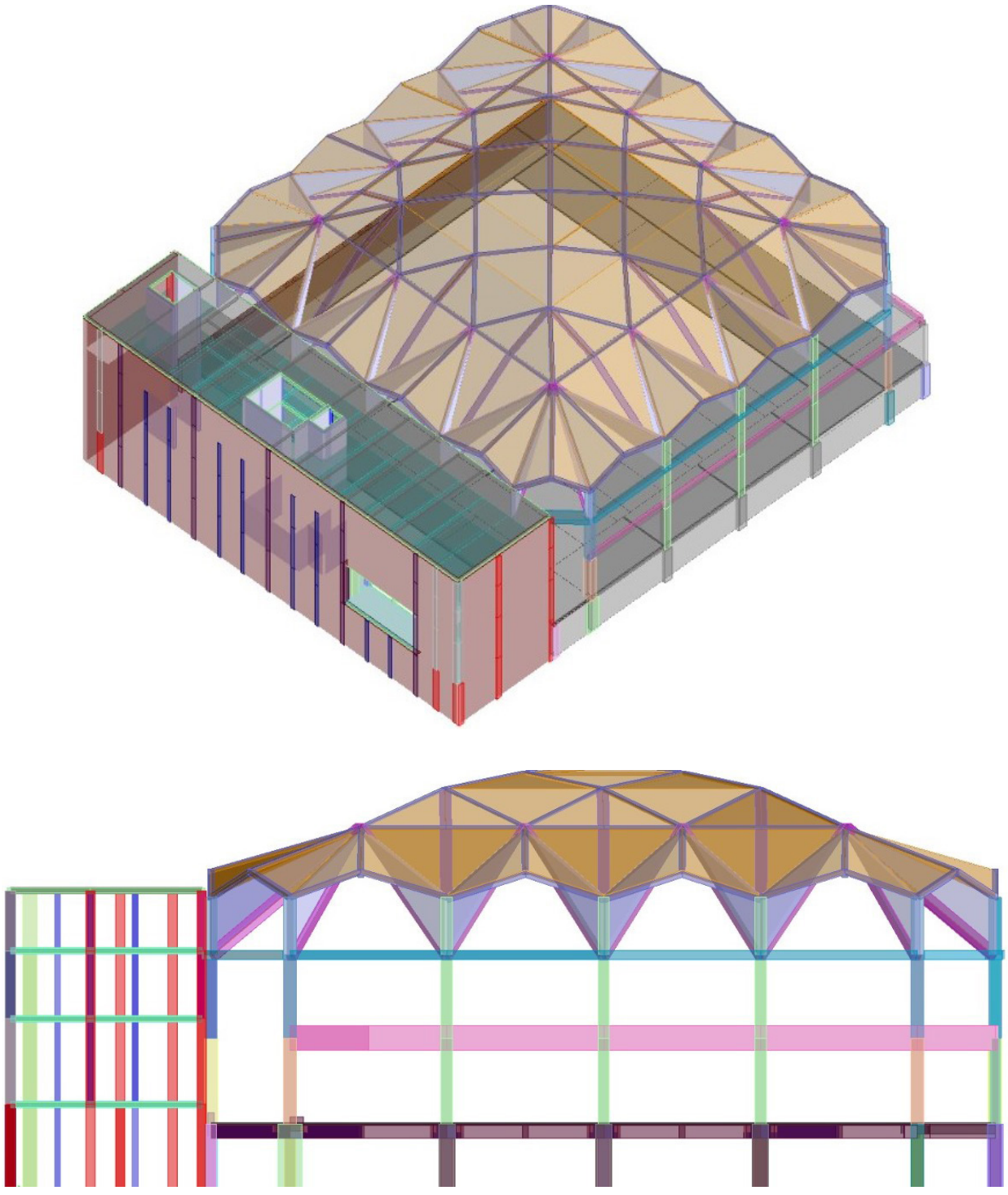
- elementi D2 (travi e pilastri)
- elementi D3 (muri)
- elementi multifunzione (solai e pannelli)

Le proprietà geometriche e i materiali (in questo caso da intendersi come nuovi[2]) sono state assegnate basandosi dai dati raccolti a partire dal recente rilievo e dei materiali analizzati durante la fase conoscitiva.
In assenza di informazioni dettagliate sulla dimensione delle armature e sul relativo posizionamento all'interno degli elementi in calcestruzzo, si è ricorso ad una progettazione automatica del presunto schema, assegnando al modello una serie di criteri di progetto caratteristici della normativa che si è scelto di prendere come riferimento (D.M. 1996)[3].

[1] D.M 17 gennaio 2018, "aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni"». Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8, 2018, (NTC2018).

[2] Le caratteristiche di resistenza dei materiali sono corrispondenti a quelle di progetto.

[3] D.M. 16 gennaio 1996, "Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi". Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, G.U n.29 del 5 febbraio 1996, Supplemento Ordinario n. 19, 1996



In alto: visulazzazione assonometrica globale del modello agli elementi finiti.

In basso: vista laterale del modello, escludendo gli elementi di tamponamento.

4.1.1 Assegnazione dei carichi della struttura

I carichi della copertura (nervature, cupola poligonale,lunette e pacchetto di copertura) sono stati inseriti prendendo come riferimento i valori ritrovati nella relazione di collaudo statico dell'ing. Camoletto, effettuata nel 1957, nella quale il peso proprio è stimato in 331 Kg/m2, mentre il sovraccarico (neve) esteso a tutta la copertura di 100 Kg/m^2.
Per la copertura della manica degli uffici, i relativi solai intermedi di quest'ultima e per il solaio della sala delle grida, il peso proprio degli elementi è stato stimato prendendo in esame lo spessore delle solette e la stratigrafia che le caratterizza.
Per raggiungere tramite la modellazione un livello di accuratezza il più fedele possibile all'opera realizzata, si è ricorso inoltre all'assegnazione di un carico uniformemente distribuito al di sopra delle lunette (14 daN/cm), in modo tale da simularne il peso degli elementi a sbalzo.

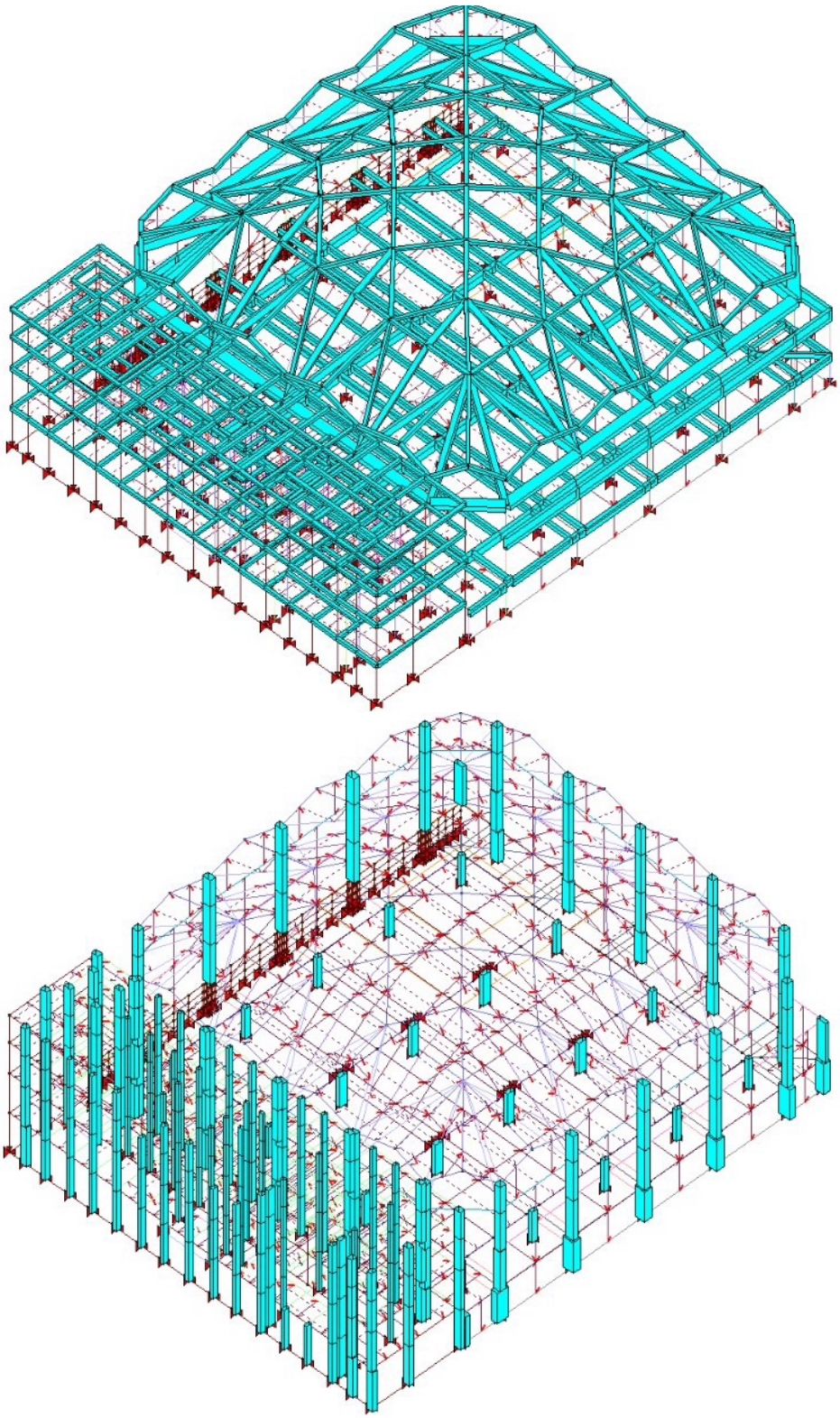
4.1.2 Verifica alle Tensioni ammissibili

Con metodo delle tensioni ammissibili, utilizzato dal calcolatore per la definizione delle tensioni della struttura, si intende un convenzionale procedimento di calcolo deterministico che ha la finalità di valutare la sicurezza delle strutture per le condizioni di esercizio, partendo dall'ipotesi di un comportamento elastico dei materiali. Nello specifico questo metodo mette a confronto le tensioni di calcolo derivanti dalle azioni esterne di esercizio (σe) con le tensioni ammissibili per i materiali (σs) dedotte dai valori caratteristici di rottura, e tenendo conto di un coefficiente di sicurezza (y). Tensioni e deformazioni sono correlate da un legame lineare.

$$\sigma \mathbf{e} \leq \sigma \mathbf{s/y}$$

A partire dal 2008, con l'entrata in vigore delle nuove Norme tecniche per le Costruzioni, la metodologia maggiormente utilizzata per la verifica delle strutture è diventata la Verifica agli Stati Limite, limitando l'uso del metodo alle tensioni ammissibili a pochi casi particolari, con alcune differenze applicative rispetto alle norme del secolo scorso.
Attraverso un'immediata restituzione grafica, il programma permette di individuare con facilità quali elementi risultano verificati (valori di taglio, flessione, compressione e quantità di armature conformi alle direttive della normativa) e quali invece risultano non verificati (sforzi eccessivi o generazione di armature troppo ''fitte'' rispetto a quelle previste).[1]

[1] L'elemento (pilastro, nodo o trave) si intende come verificato se il suo rapporto tra sollecitazione di progetto e sollecitazione ultima dalla sezione risulta inferiore a 1 (Sd/Su < 1).



In alto: verifica delle travi alle tensioni ammissibili, secondo i criteri di progetto della normativa di riferimento. (D.M.1996).
In basso: verifica dei pilastri alle tensioni ammissibili, secondo i criteri di progetto della normativa di riferimento. (D.M.1996)

Gli elementi blu sono da considerarsi verificati, quelli rossi (in questo caso nessuno) sono da considerarsi non verificati.

4.2 Confronto dei calcoli strutturali Raineri/Giberti con un modello agli elementi finiti

La relazione ''Calcoli Statici della cupola'' rappresenta l'unico documento disponibile che tratti del comportamento statico della struttura ideata da Giuseppe Raineri.[1] Quest'ultimo, prodotto da Giberti nel 1954, analizza l'impianto strutturale della Borsa in relazione alle modifiche apportate dagli ingegneri tedeschi della Dyckerhoff e Widmann, guardando principalmente agli sforzi presenti all'interno della trave reticolare ''Neville''.
Come si era soliti operare all'epoca, l'analisi della struttura si avvale del metodo delle tensioni ammissibili, ricorrendo ad una scomposizione del complesso impianto, riconducibile a schemi geometrici più semplici e perciò più facilmente analizzabili.
Nello specifico il calcolatore, considerando la copertura perfettamente simmetrica, guarda la metà aste della trave reticolare (aste D1, D2, D3, D4,), metà del corrente superiore (aste O1, O2) e metà del corrente inferiore (U1, U2) con in aggiunta l'analisi dell'elemento angolare (U0).
Dopo aver calcolato il peso totale degli elementi della cupola poligonale, e riconducendo questa ad una volta ''a padiglione'' (il cui peso si trasmette sui quattro lati di base), Giberti valuta un carico uniformemente distribuito agente sul corrente superiore (O1,O2), scompondendolo secondo l'inclinazione della trave reticolare.
Nella relazione inoltre si tiene in parte conto delle solette triangolari, costruite sul piano della trave reticolare ed interposte tra le aste, ipotizando che queste modifichino la trasmissione dei carichi ai nodi.
Per quanto riguarda le nervature assiali, queste vengono considerate per quanto riguarda il loro peso, ma non sembra esserci traccia di come influenzino il comportamento statico della trave di cui fanno parte.
In un primo momento Giberti è interessato a conoscere il comportamento delle aste della trave reticolare, vale a dire gli sforzi risultanti dalla sommatoria di:

- peso della copertura
- carico accidentale (neve)
-sovraccarico nervature della cupola

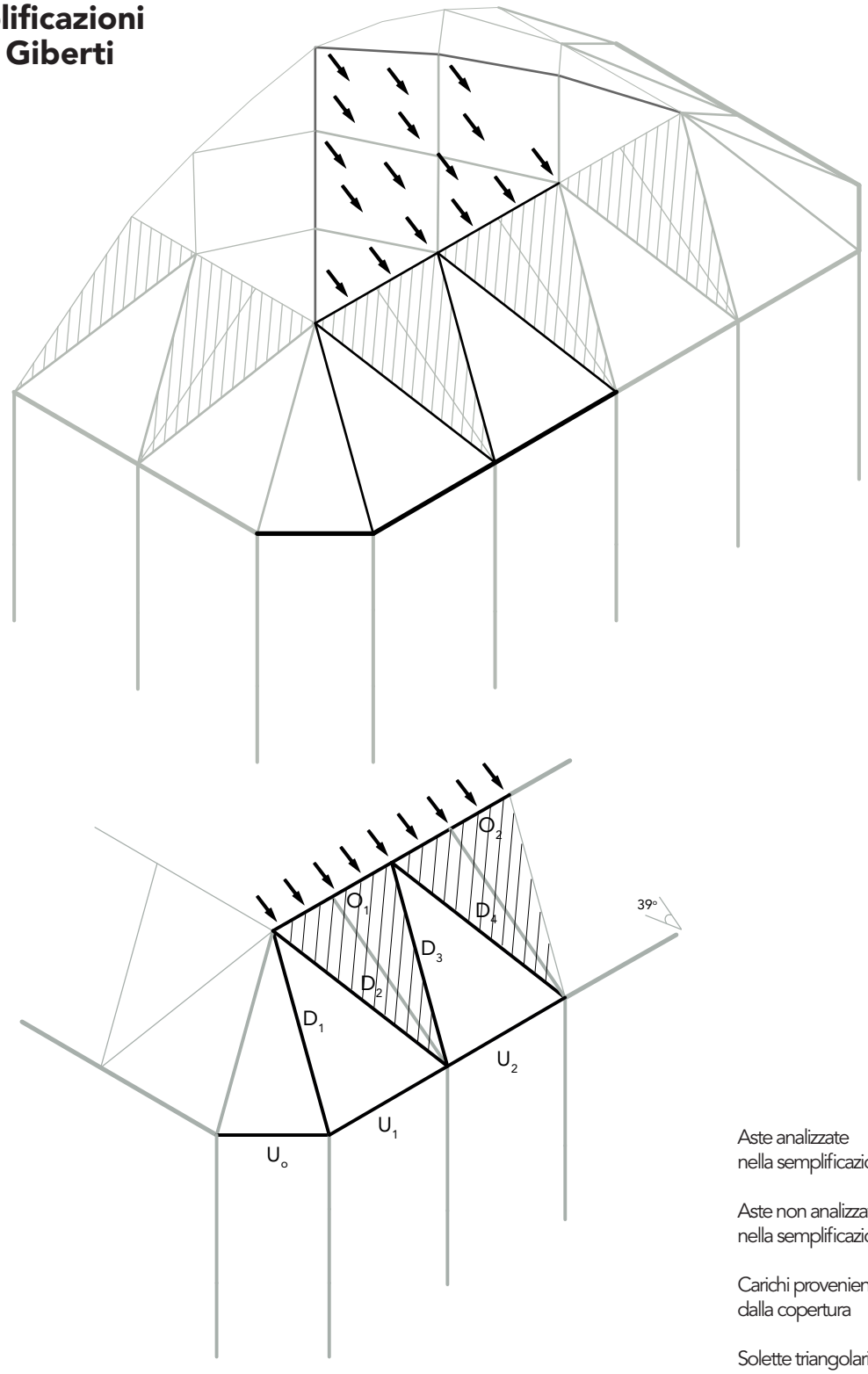
in modo tale da capire quali elementi risultino tesi, (e di quanto), al fine di valutarne la pretensione.
L'ultima fase del lavoro consiste in un più dettagliato calcolo degli sforzi nelle aste (D2, D3, D4) e nel corrente inferiore della trave reticolare (U1), mediante una sovrapposizione delle tensioni provenienti da:

-peso proprio (G1, G2)[2]
-diretta azione della pretensione (V)
-viscosità del materiale (φ)
-carico della neve (p)

[1] Per quanto riguarda il calcolo della struttura presentata nel 1953, non si ha traccia di nessun documento. Dopo un colloquio con l'arch. Luigi Raineri, nipote di Giuseppe, è scaturito che l'ingegnere non sempre ricorreva a relazioni di calcolo di questo tipo, ma era piuttosto sua abitudine annotare i calcoli e relativi dimensionamenti a lato delle tavole strutturali.

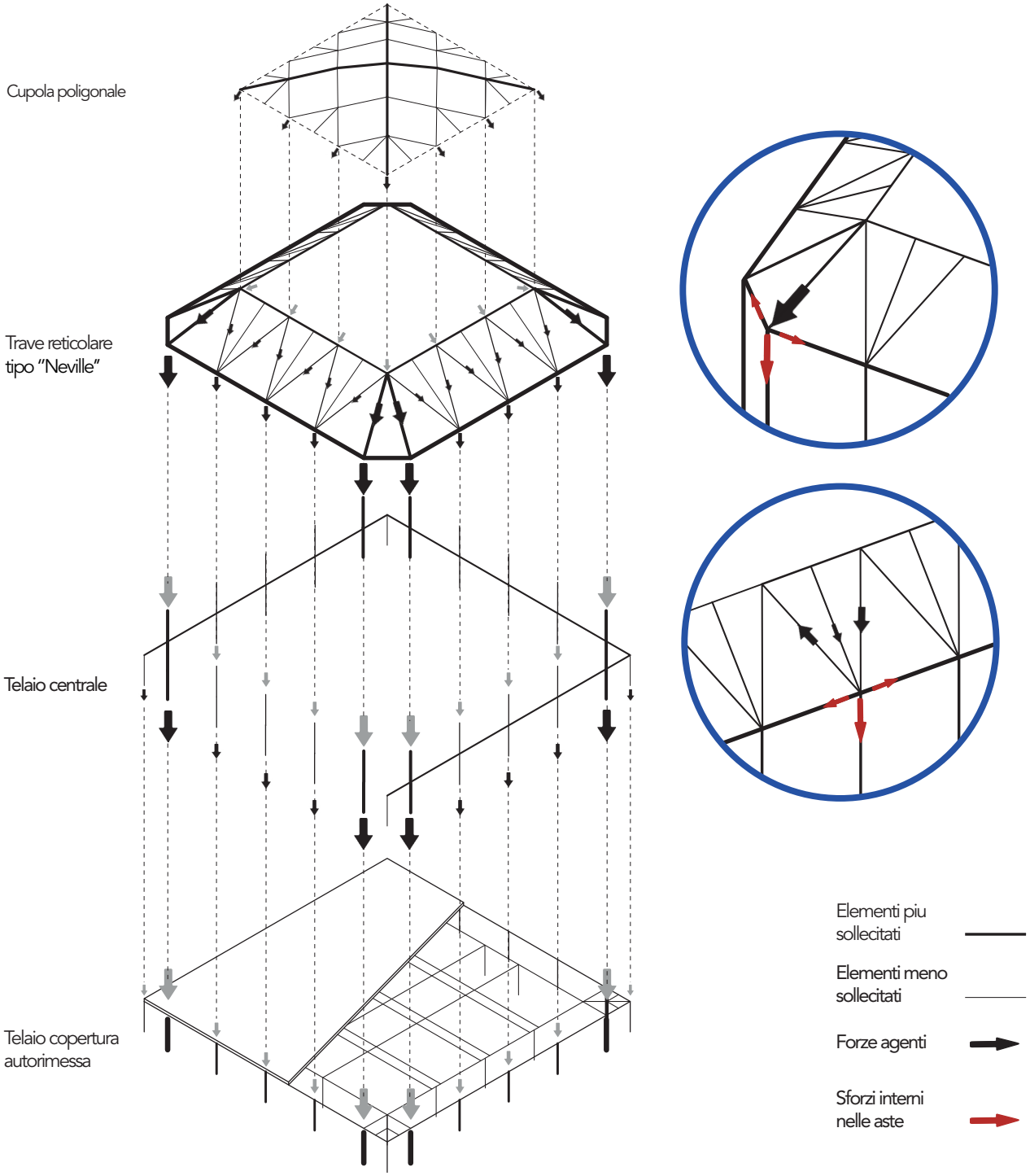
[2] G1: peso delle aste, delle membrature e delle solettine. G2: peso delle lunette e della copertura.

Le semplificazioni dell'ing. Giberti



Schematizzazione delle semplificazioni adottate dall'ing. Giberti per arrivare a calcolare gli sforzi nei vari elementi della trave reticolare. Il carico proveniente dalla copertura agisce sulle aste Di mentre le aste Ui ne assorbono le spinte.

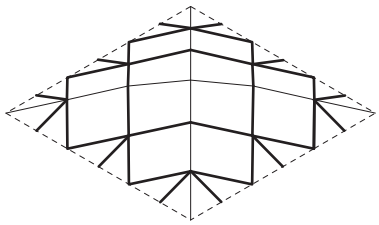
Trasmissione dei carichi



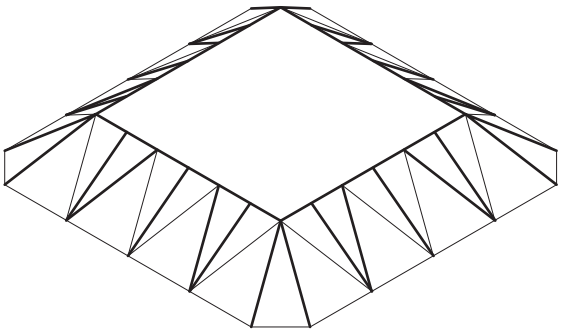
Lo schema riporta, guardando alla Relazione di progetto del 1952-53, il percorso di come i carichi si trasmettano dalla copertura sino alla base dei vari pilastri. Gli elementi più sollecitati sono gli otto pilastri angolari, sui quali ricade la maggior parte del peso proveniente dalla cupola.

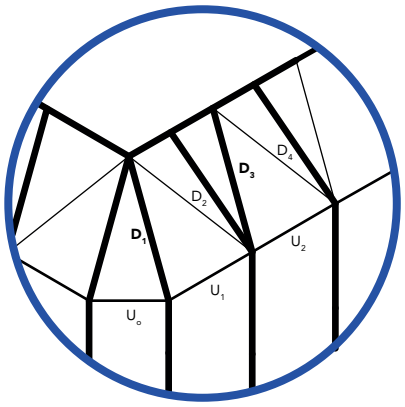
Analisi degli elementi portanti

Cupola poligonale

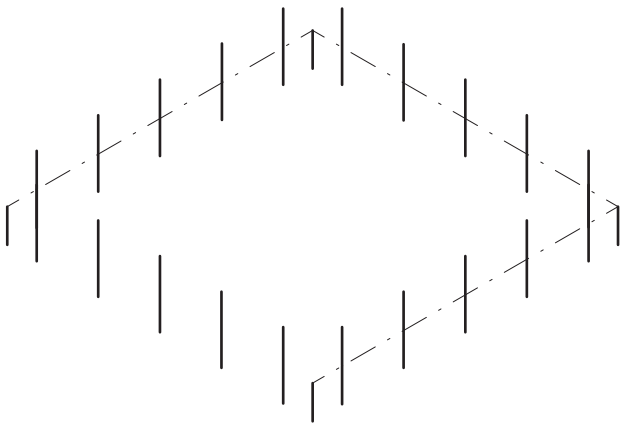


Trave reticolare
tipo "Neville"

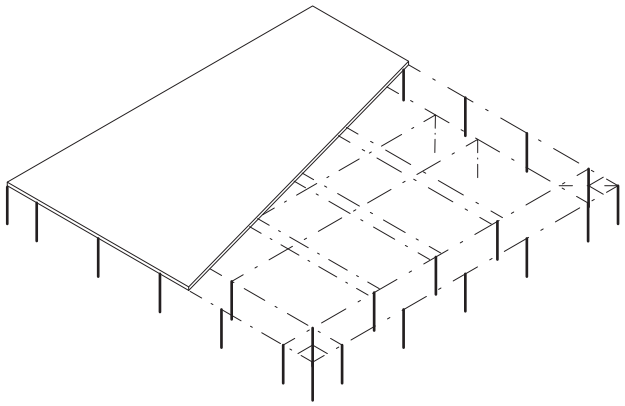




Telaio centrale



Telaio copertura
autorimessa



Aste compresse

Aste tese

Elementi inflessi

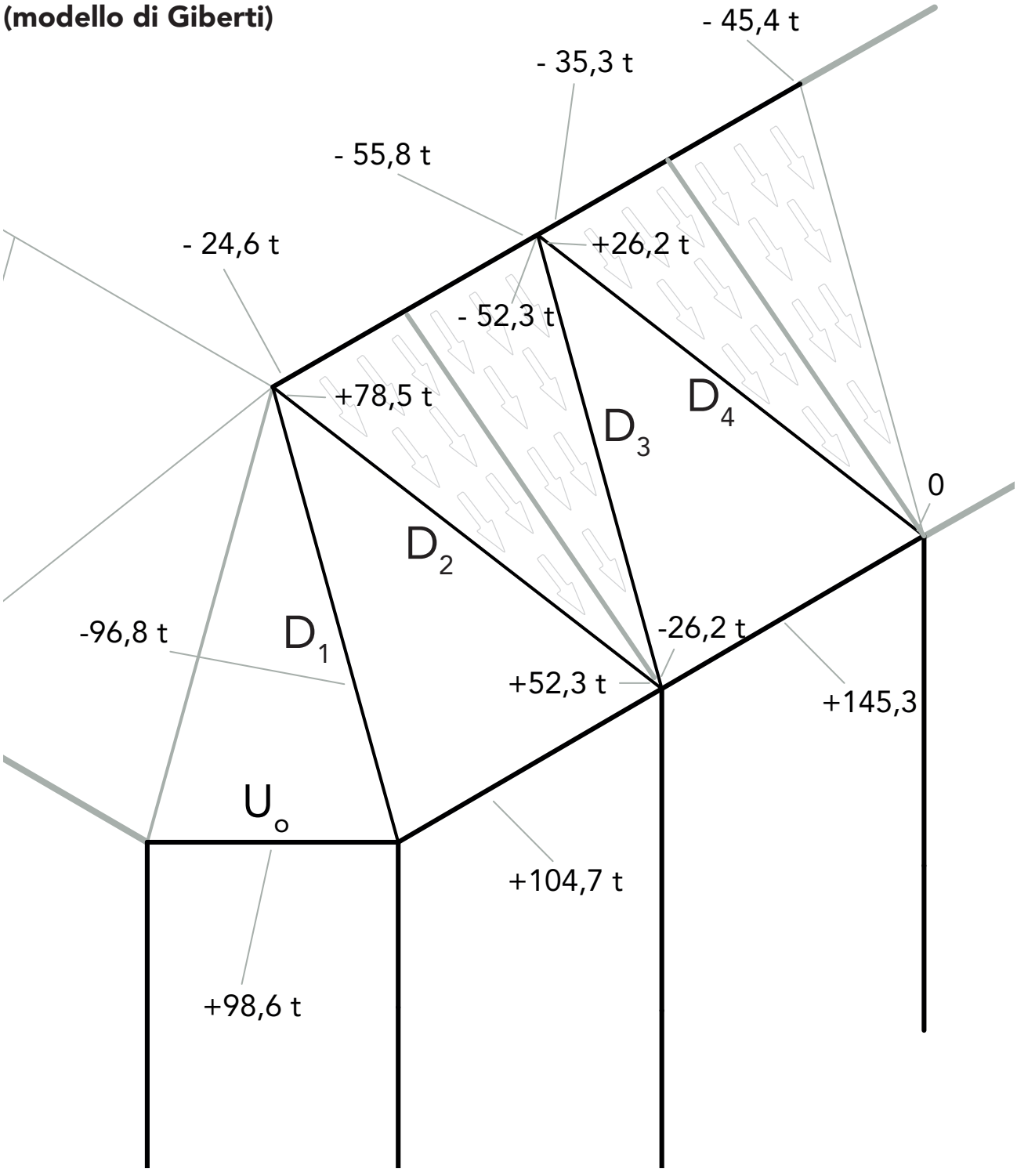
Sintesi del comportamento dei vari elementi per il solo effetto del peso proprio della struttura, del carico accidentale della neve e per effetto del sovraccarico delle nervature della cupola.
Analogamente al comportamento di tutte le travi reticolari che si basano sullo schema Neville, anche in questo caso la trave risulta essere compressa nel corrente superiore e nelle aste D1, D3; tesa nel corrente inferiore e nelle aste D2, D4.

4.2.1 Il modello di studio

Date le semplificazioni adottate dall'ing. Giberti, per poter confrontare la sua relazione di calcolo con il modello digitale, sono state effettuate delle modifiche partendo dal modello ''completo'' sviluppato per la verifica alle tensioni ammissibili.
Nella fattispecie si è arrivati ad avere un modello avente esclusivamente gli elementi che Giberti riportata nella relazione, ovvero una trave reticolare inclinata di 39° appoggiata su pilastri.
Tutti gli elementi della copertura (cupola poligonale, costolonature intermedie, lunette ed elementi di finitura), invece di essere modellati e dimensionati, sono stati introdotti come un carico uniformemente distribuito agente sul corrente superiore del sistema reticolare (4,92 t/m).
Stesso discorso per il sovraccarico da neve, stimato essere 100 kg/m2.
Per quanto riguarda le solette triangolari, costruite sul piano della trave reticolare, sono state effettuate due ipotesi di modellazione: nella prima (modello EF1) le solette sono inserite solo come peso, annullandone la rigidezza (è il modello di Giberti), nella seconda (modello EF2) le solette sono lastre che connettono le aste di parete della trave reticolare (è un modello più vicino alla struttura reale).
Le nervature assiali, introdotte dagli ingegneri tedeschi, sono state considerate insieme al peso della copertura, così come avviene nella Relazione di calcolo.

Valori degli sforzi nelle aste

(modello di Giberti)

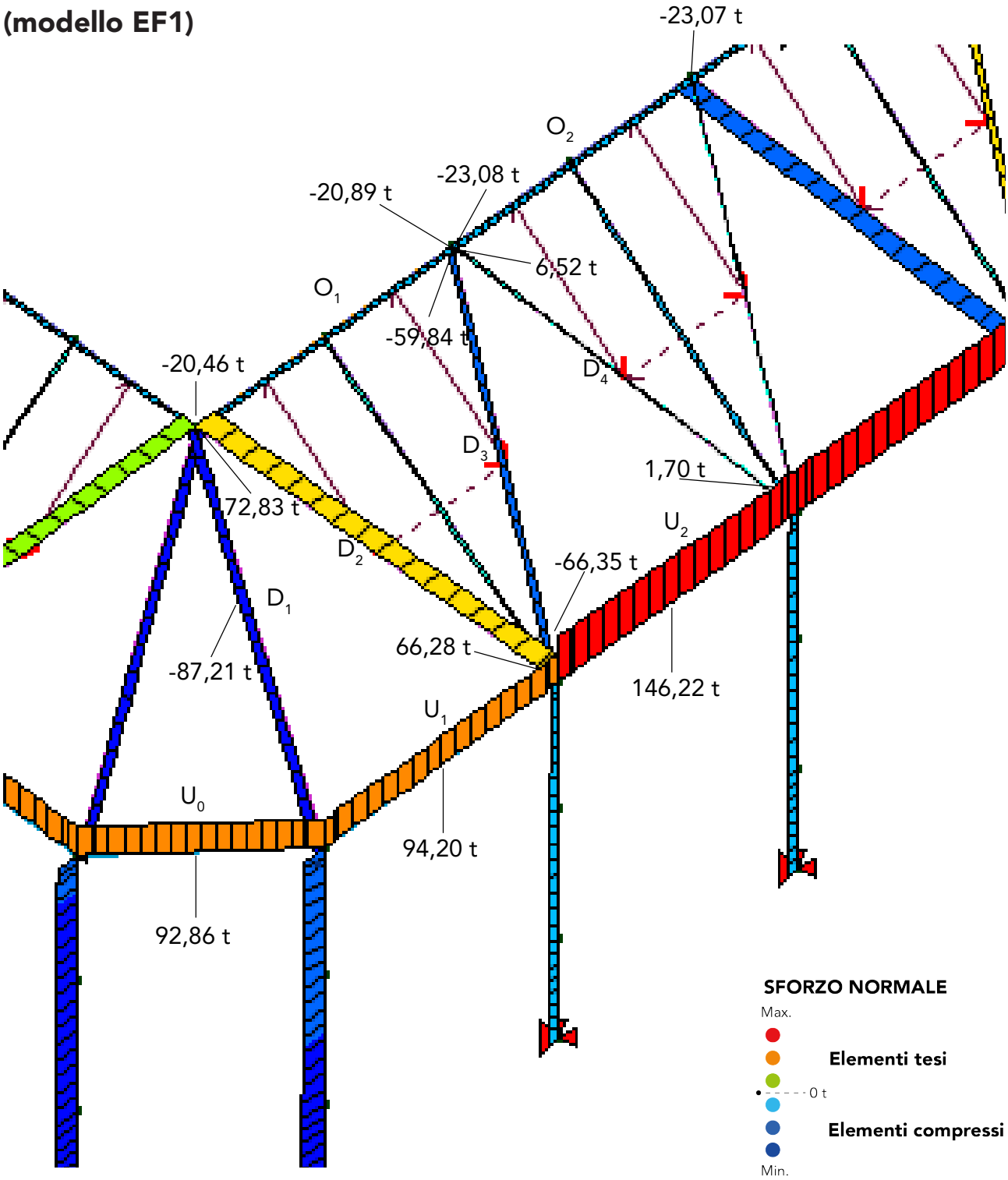


Valori di sforzo normale N trovati da Giberti in presenza dei carichi fissi e accidentali (neve).

I valori negativi (-) sono da intedersi di compressione, i positivi (+) di trazione.

Valori degli sforzi nelle aste

(modello EF1)

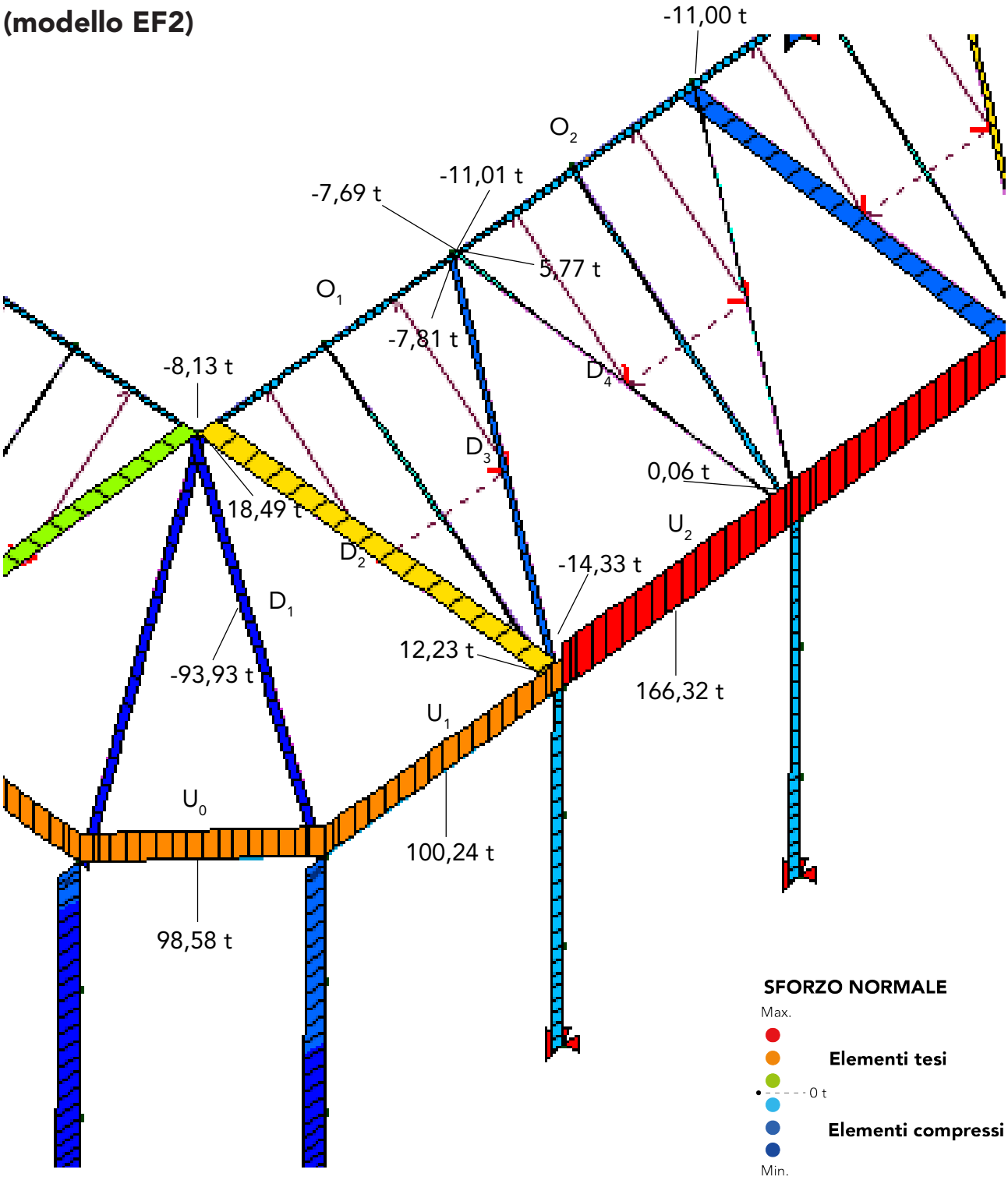


Valori di sforzo normale N in presenza di carichi fissi e accidentali.

I valori sono comparabili con quelli della relazione di calcolo di Giberti.

Valori degli sforzi nelle aste

(modello EF2)



Valori di sforzo normale N in presenza di carichi fissi e accidentali.

La rigidezza delle solette riduce gli sforzi nelle aste di parete.

4.2.2 Considerazioni

In conclusione si può dire che, nonostante le semplificazioni adottate, il comportamento globale della struttura calcolata dall'ing. Giberti risulta del tutto confrontabile con il comportamento del modello simulato.
Si può in generale dire che gli sforzi riportati da Giberti nelle aste sono del tutto analoghi a quelli del modello, in particolar modo per quanto riguarda il corrente inferiore (U0, U1, U2) e l'asta angolare D1, dove i valori di sforzo normale N risultano costanti per tutto lo sviluppo della trave, e non subiscono variazioni in corrispondenza dei nodi.
Per quanto riguarda i restanti valori, le differenze tra i due schemi (più o meno grandi) possono essere ricondotte al fatto che Giberti è costretto a scomporre, ai fini del calcolo, la trave in una serie di elementi singoli, trascurando perciò la reciproca influenza che questi hanno tra di loro.
Nonostante ciò, il calcolo di dettaglio che Giberti effettua sugli elementi che intende pretendere si rivela assolutamente efficacie, ritrovando nell'intera Relazione solo in un caso valori di tensione troppo elevati (punto A asta D3), e dovendo riconsiderare la precedente disposizione dei ferri d'armatura.

4.3 Verifica sismica dell'edificio

La creazione di questo modello di studio, oltre a confermare la metodologia adottata da Giberti, ha permesso inoltre di fare considerazioni riguardo al comportamento della Borsa Valori sotto l'effetto di una forza all'epoca non valutata: il sisma.
Tale analisi ha il compito di individuare eventuali punti critici della struttura e quindi di considerare possibili interventi di consolidamento.

4.3.1 Assegnazione norma vigente e verifica agli Stati Limite

La verifica sismica è effettuata sull'edificio allo stato di fatto, considerando i materiali come ''esistenti''[1] e attraverso l'adozione della normativa vigente (D.M.2018).
A differenza della fase precedente, il metodo di calcolo utilizzato non è più quello alle Tensioni Ammissibili, bensì quello agli Stati Limite, dove vengono incluse anche le deformazioni plastiche, calcolando il momento resistente della sezione in corrispondenza del raggiungimento della capacità deformativa ultima nei materiali.
Il seguente metodo di natura probabilistica permette di raggiungere un'accuratezza decisamente migliore rispetto a quello utilizzato precedentemente.

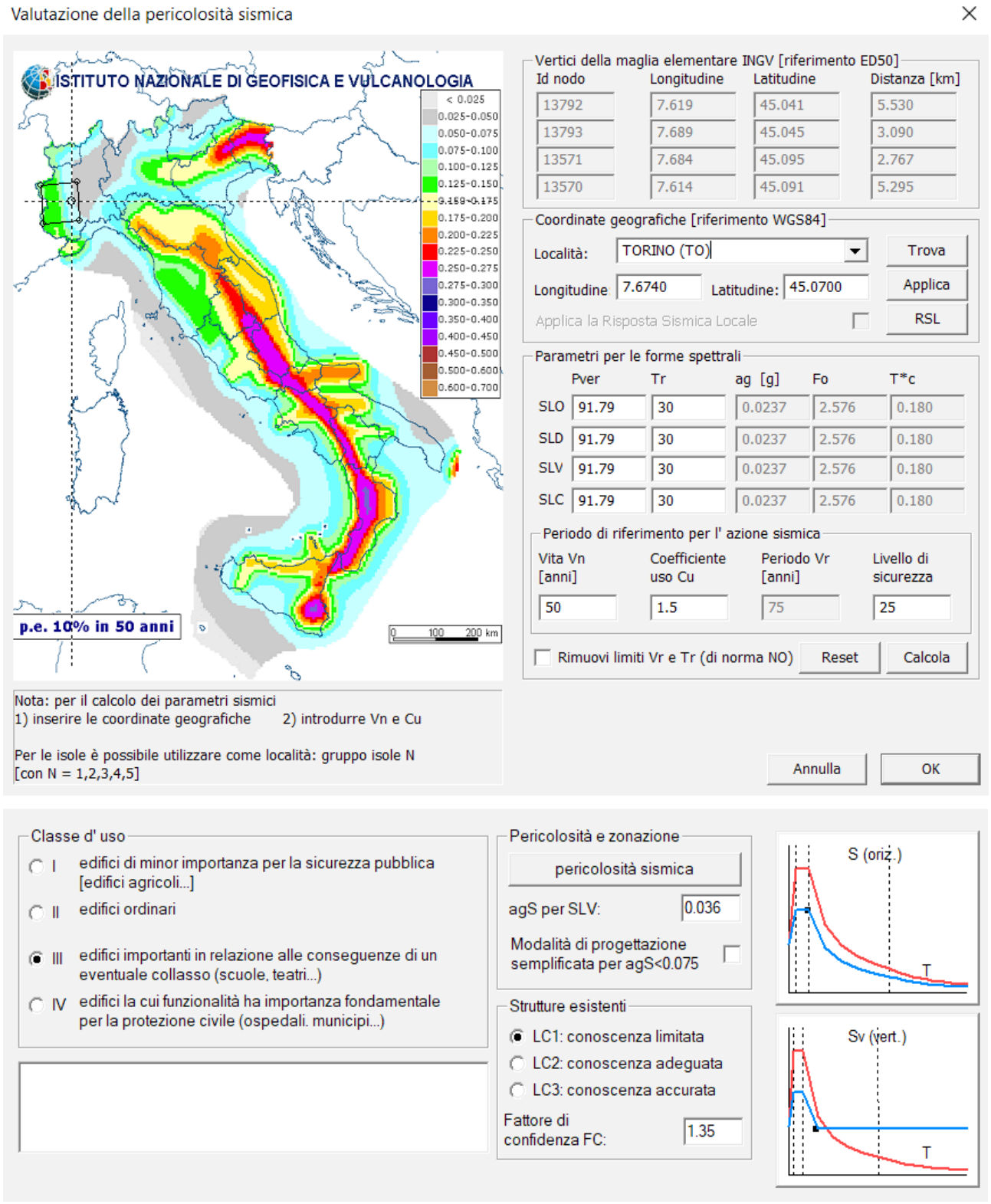
4.3.2 Livello di conoscenza, fattore di confidenza e valutazione della pericolosità sismica

Non essendo in possesso di opportune prove di laboratorio relative alla resistenza dei materiali, avendo analizzato l'edificio attraverso rilievi e documenti d'archivio, e essendo ricorsi ad una disposizione delle armature automatica, si è deciso di porre un livello di conoscenza limitata (LC1), corrispondente ad un fattore di confidenza (FC) di 1,35. Questo valore si traduce in una riduzione dei valori medi di resistenza dei materiali, che saranno ulteriormente influenzati da coefficienti di sicurezza.
Per la valutazione della pericolosità sismica è stata assunta una categoria del suolo C e una classe topografica T1.

4.3.3 Vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento per l'azione sismica

Trattandosi di una costruzione con livelli di prestazione ordinari, è stata valutata una vita nominale di progetto (Vn) minima di 50 anni, definita come periodo in cui è previsto che l'opera mantenga i suoi specifici livelli prestazionali.
La classe d'uso è stata definita principalmente in base alla previsione di affollamenti significativi e alle conseguenze di un evidente collaso (Classe III).
Conseguentemente alla definizione di vita nominale e classe d'uso è stato possibile valutare il periodo di riferimento per l'azione sismica (Vr), ottenuto mediante la moltiplicazione di Vn con il coefficiente

[1] La dicitura "esistenti" dei materiali è propria del programma (Pro-Sap) ed indica la prassi dettata dalle NTC 2018 di ridurre i valori medi di resistenza dei materiali, oltre che per i fattori di sicurezza, per i fattori di confidenza (FC) propri del livello di conoscenza (LC) acquisito.



In alto: mappa della pericolosità sismica di riferimento sul territorio italiano, (valori di accelerazione aventi probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, ovvero periodo di ritorno di 475 anni).

Dal momento che le verifiche sono state condotte con una percentuale di accelerazione attesa al suolo bassa (25%), i periodi di ritorno scenderebbero sotto il limite normativo di trent'anni, Pro-Sap ovvia al problema ponendoli automaticamente al valore limite (NTC 2018).

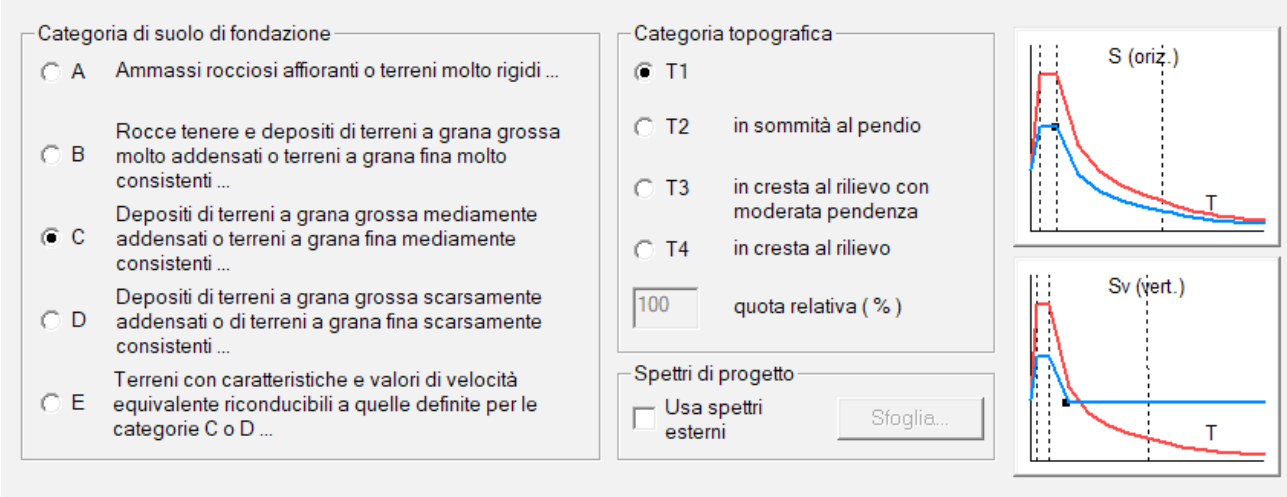
In basso: assegnazione di classe d'uso e livello di conoscenza relativo alle strutture esistenti.

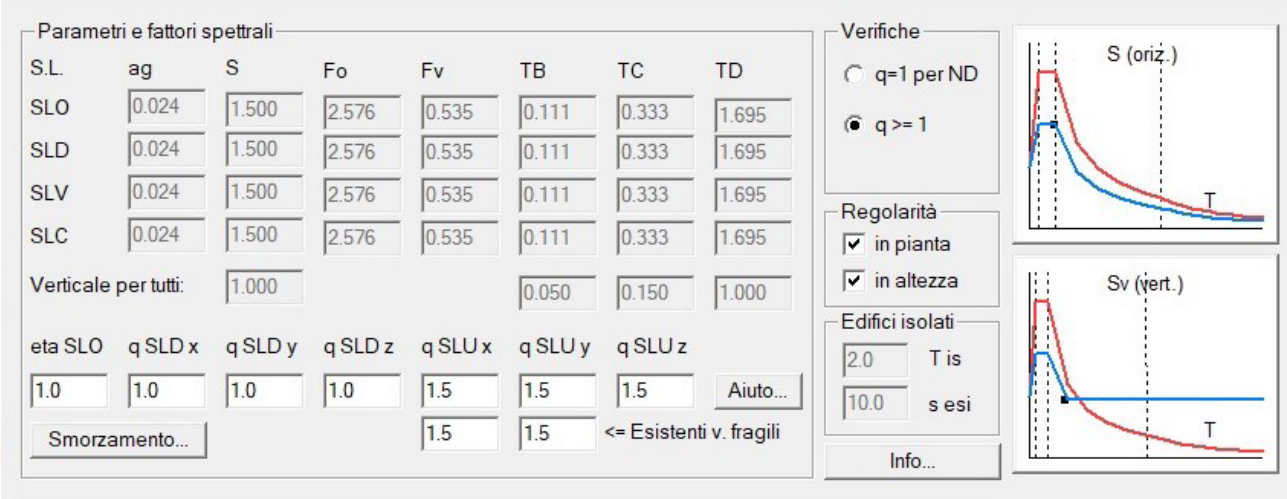
d'uso Cu, variabile in funzione della classe d'uso adottata (nel nostro caso Cu = 1,5).
Ai fini della valutazione di un possibile miglioramento sismico dell'edificio, si è deciso di adottare un Livello di Sicurezza pari a 25%.[2]

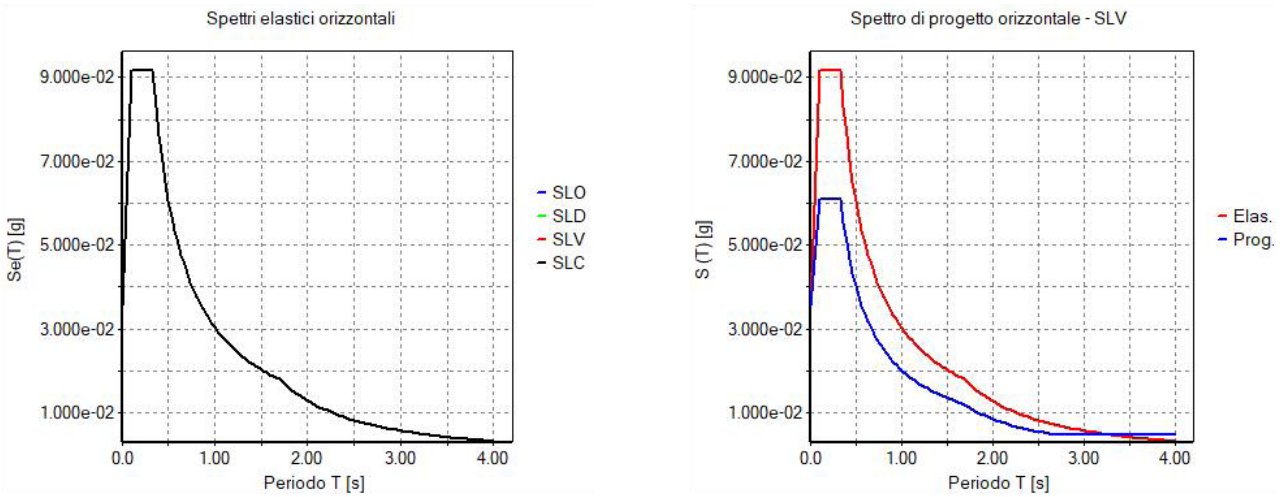
4.3.4 Spettri

Lo spettro elastico di risposta è un grafico che riporta, in funzione del periodo naturale di vibrazione dell'edifico analizzato, l'accelerazione massima che quest'ultimo subirà nell'eventualità in cui sia investito da un sisma. Gli spettri di risposta sono caratteristici di uno specifico sito, pertanto la forma e i valori delle accelerazioni sono valutati in relazione ai seguenti parametri:
- La pericolosità del sito, calcolata in funzione delle sue coordinate geografiche di latitudine e longitudine;
- La categoria di sottosuolo (la Normativa Tecnica ne prevede 5 denominate: A, B, C, D ed E);
- Le condizioni topografiche (superficie pianeggiante o presenza di rilievi);
- La probabilità di accadimento dell'evento sismico in funzione dello stato limite considerato;
- La vita nominale dell'opera;
- La classe d'uso dell'opera;
- Il valore dello smorzamento della costruzione.

[2] Il Livello di Sicurezza (ζE) è il termine che viene utilizzato dal software per indicare la percentuale di accelerazioni sismiche attese al suolo prese in esame. Sarà così possibile eseguire le analisi sismiche interrogando uno spettro di progetto ridotto rispetto a quello previsto dalle coordinate geografiche dell'edificio. La riduzione influisce sulle accelerazioni attraverso la formula: (ag*S) ridotto=ζE *(ag*S)







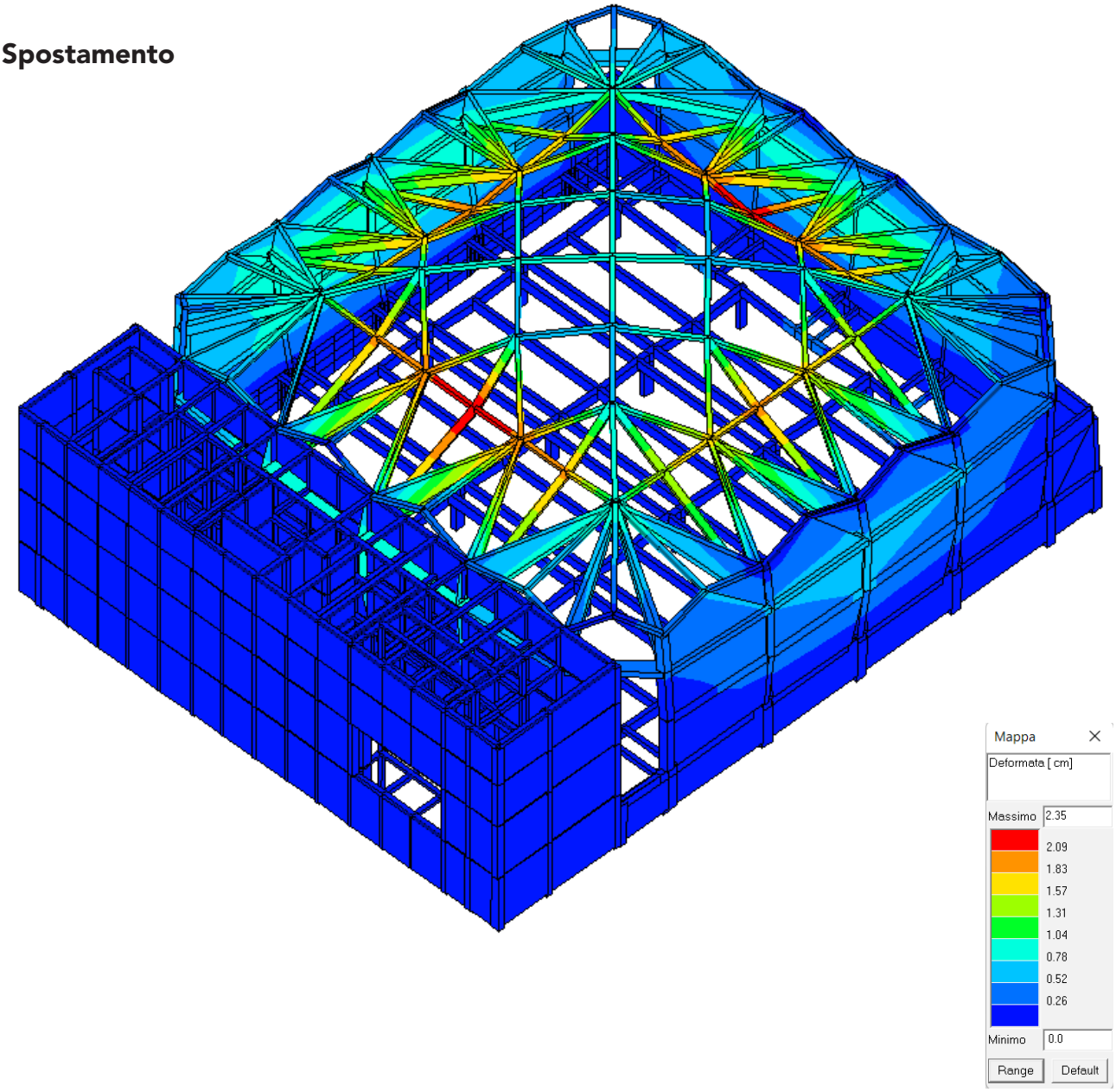
In alto: assegnazione della categoria di suolo (C) e di categoria topografica (T1) in base al posizionamento dell'edificio.

In basso: assegnazione dei parametri e dei fattori spettrali per le verifiche di resistenza agli stati limite (SLC, SLV, SLD,SLO).

Verifica agli Stati Limite Ultimi (SLU)

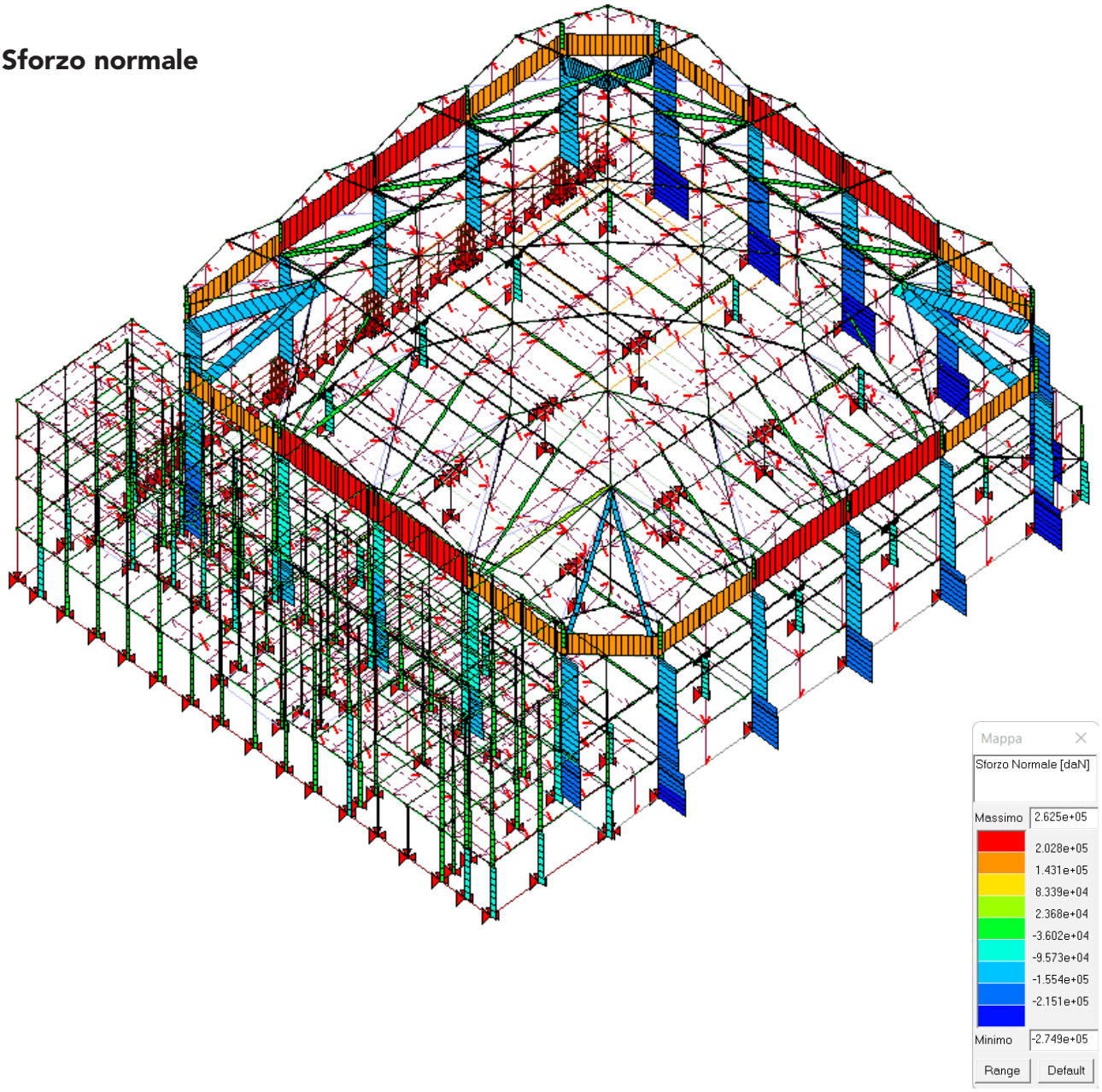
Gli Stati Limite Ultimi riportano la capacità portante della struttura, interrogata alle sole combinazioni statiche, il superamento della quale, ha carattere irreversibile,e può portante l'edificio a forme di cedimento strutturale, perdite di equilibrio, dissesti che possono compromettere l'incolumità delle persone o mettere fuori servizio l'opera. (NTC2018).

Spostamento



Schema che raffigura i massimi spostamenti complessivi (ottenuti dalla composizione delle tre componenti dx, dy, dz;) analizzati agli SLU, considerando la combinazione più sfavorevole (SLU A1 9).
La Combinazione A1 9 comprende, oltre ai carichi fissi, anche il carico variabile della neve.

Sforzo normale

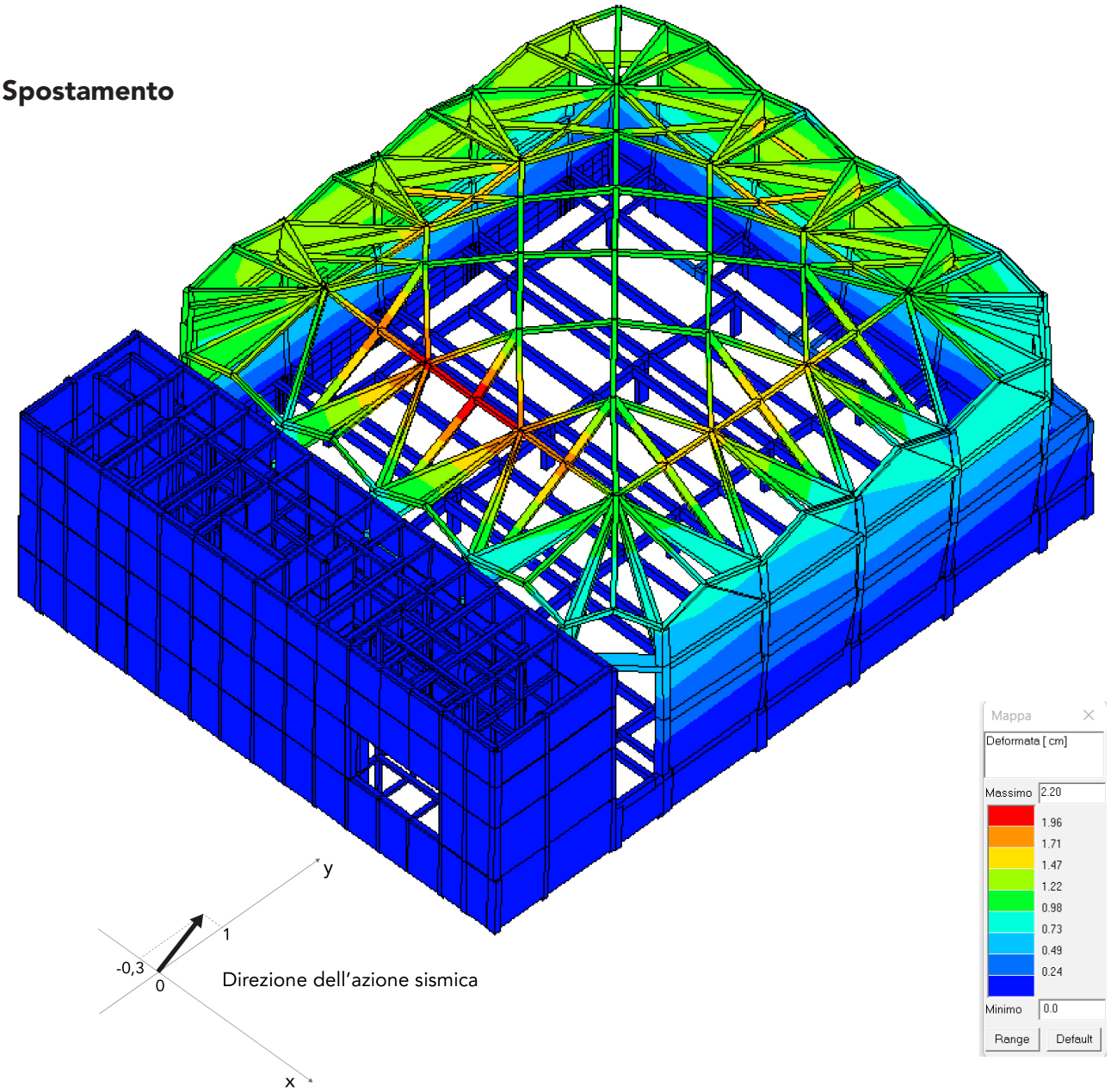


Schema raffigurante gli sforzi normali N dell'edificio esamimati agli SLU (Stati Limite Ultimi).
Anche per gli sforzi normali, la combinazione più sfavorevole è la A1 9. Gli elementi più sforzati sono i correnti inferiori delle travi reticolari (trazione) e i pilastri che scaricano i pesi della copertura (compressione). Tra le aste che compongono le ravi reticolari le più sollecitate sono quelle angolari, a conferma di quanto descritto nella Relazione Tecnica "Stellage 414".

Verifica agli Stati limite di salvaguardia della Vita (SLV)

Gli SLV sono una sottocategoria degli SLU, e sono gli stati nei quali l'opera subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali ; la costruzione conserva ancora una parte della resistenza e rigidezza per azioni verticali e un margine di sicurezza per le azioni sismiche orizzontali. (NTC 2018).
Le successive analisi sono condotte con un Livello di Sicurezza sismico pari al 25%.

Spostamento



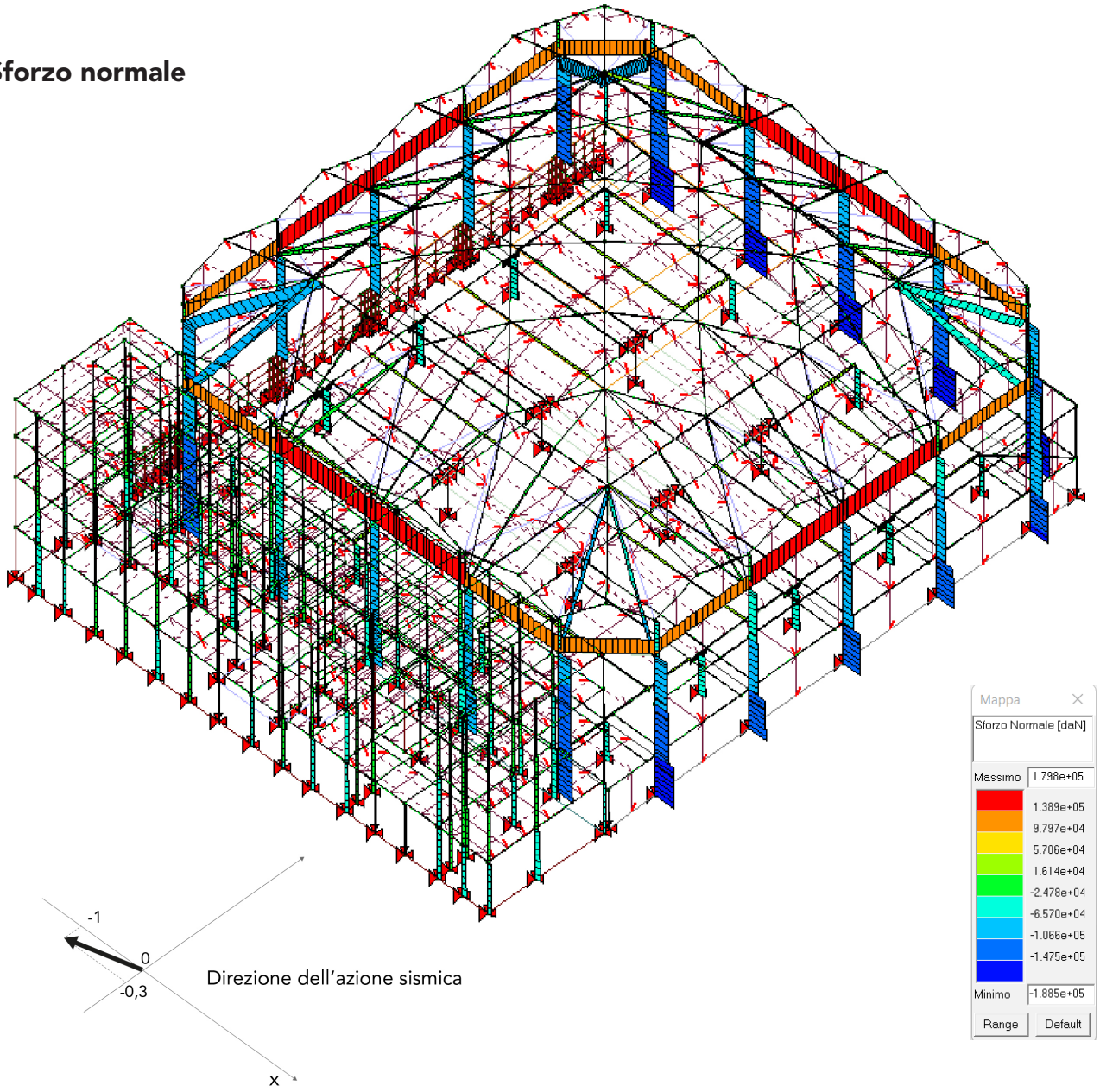
Schema che raffigura i massimi spostamenti complessivi (ottenuti dalla composizione delle tre componenti dx, dy, dz;) analizzati agli SLV , considerando la combinazione più sfavorevole (SLV sismica 47).

Comb. SLU (SLV sism.47)= $G_{lunette}$+$G_{struttura}$+$G_{solai\text{-}coperture}$+$G_{solai\text{-}coperture\ n.c.d}$+$G_{pannelli\ n.c.d}$+ 0.60 Q_{solai}+ Es

Le NTC 2018 indicano che per le analisi sismiche di tipo statico, la direzione dell'azione è composta dal 100% in una direzione e al 30% in quella ortogonale. In questa combinazione di carico si ha:

Es = $(-0.30)*E_x+1*E_y$

Sforzo normale



Schema raffigurante gli sforzi normali N dell'edificio esamimati agli SLV (Stati limite di salvaguardia della vita). La combinazione di carico più sfavorevole in questo caso è la SLV sismica 22.

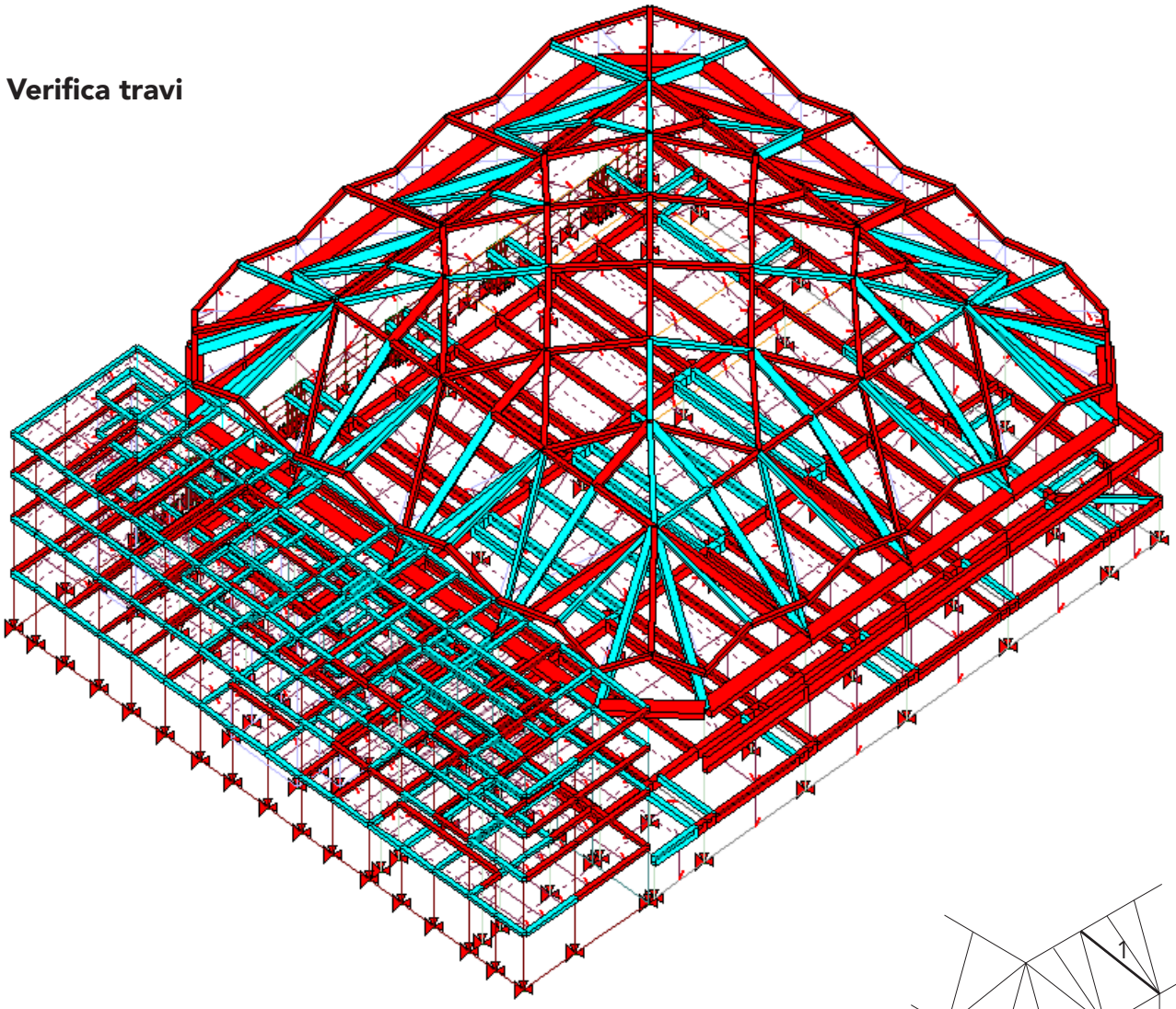
Comb. SLU (SLV sism.22)= $G_{lunette}$+$G_{struttura}$+$G_{solai\text{-}coperture}$+$G_{solai\text{-}coperture\ n.c.d}$+$G_{pannelli\ n.c.d}$+ 0.60 Q_{solai}+ Es

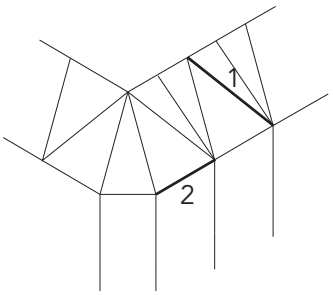
Es = (-1)*E_x+(-0,30)*E_y

Stato delle verifiche della struttura

Questa indagine permette di verificare quali sono gli elementi (nodi, travi e pilastri) che non soddisfano i criteri imposti dalla normativa (Sd/Su) in termini di pressoflessione, taglio nel cls. e nell'acciaio e resistenza all'azione sismica. La maggior parte delle travi che non risultano verificate sono localizzate in porzioni di edificio in cui sono state fatte delle approssimazioni nella modellazione a causa della scarsità di materiali consultabili (manica uffici).

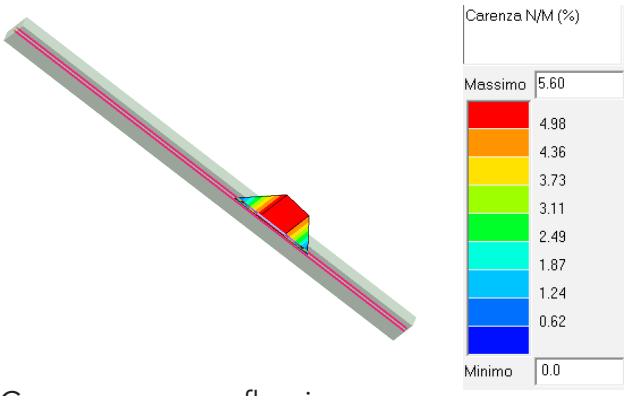
Verifica travi



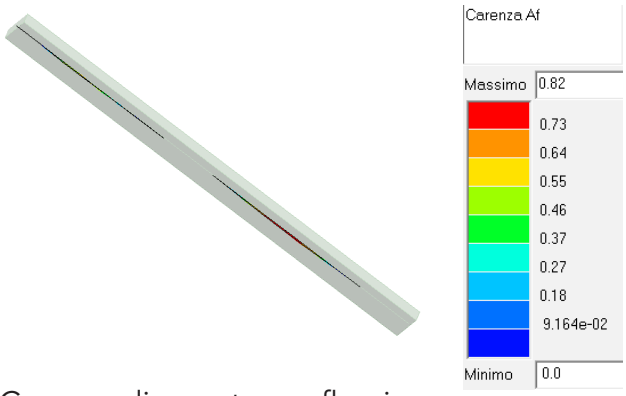


Schema che riporta le travi verificate (ciano) e quelle non verificate (rosso) alla NTC 2018 nella fase ante operam.
Come si può vedere alcune travi non vengono verificate e perciò necessiterebbero rinforzi locali.
L'elemento trave si intende come verificato se il suo rapporto tra sollecitazione di progetto e sollecitazione ultima dalla sezione risulta inferiore a 1 (Sd/Su < 1).

Verifica asta della trave reticolare (1)

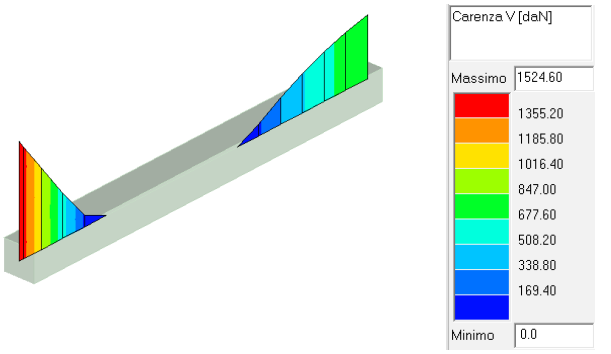


Carenza a pressoflessione

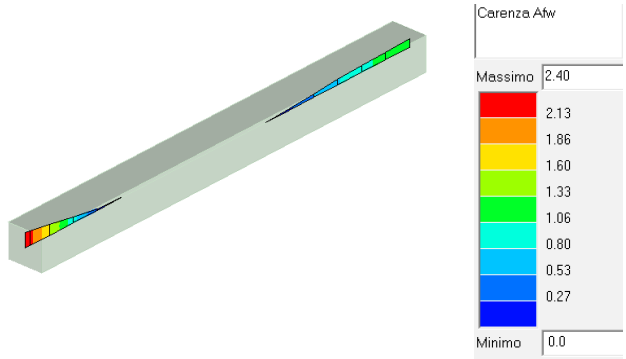


Carenza di armatura a flessione

Verifica asta del corrente superiore della trave reticolare (2)



Carenza a taglio

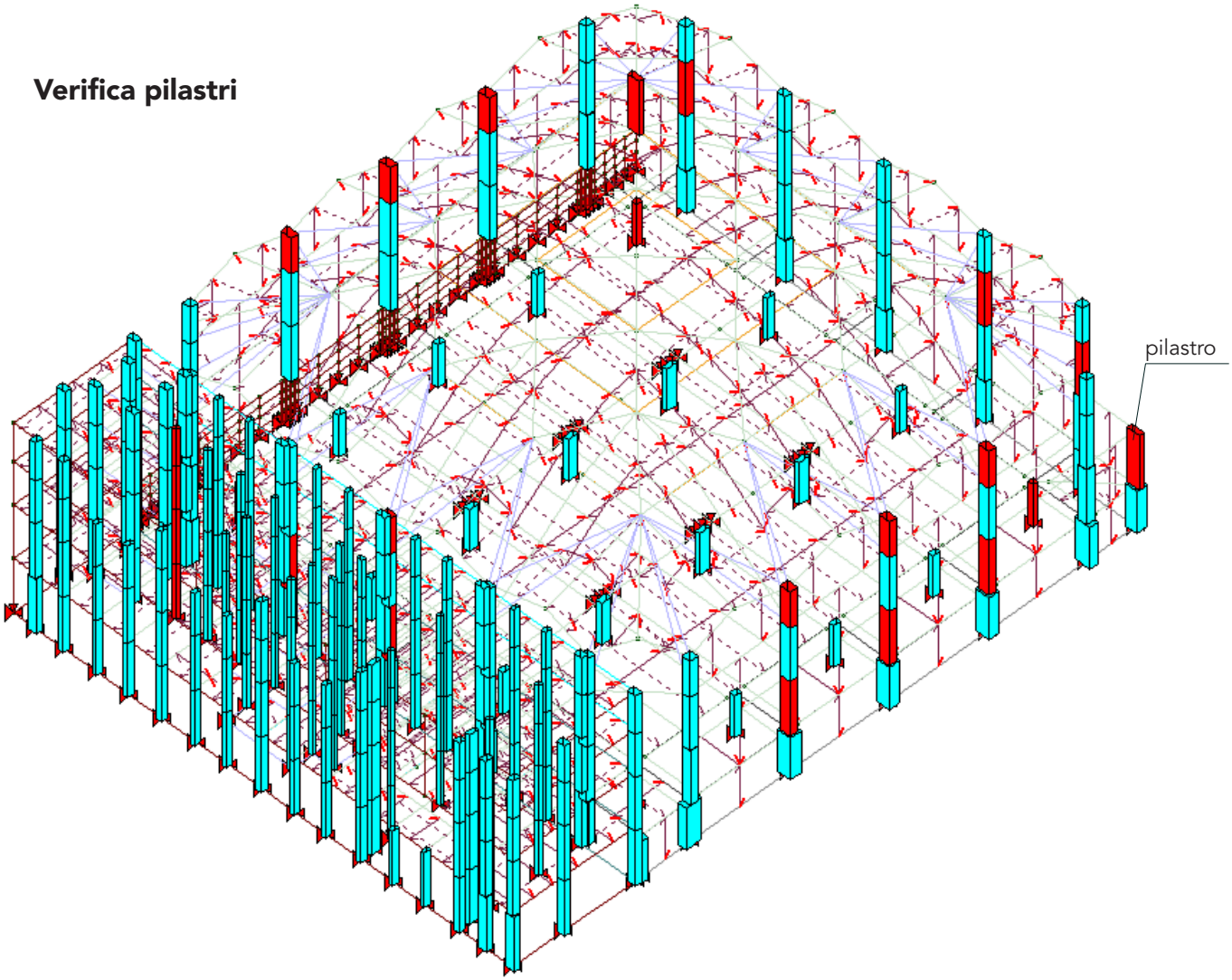


Carenza di armatura a taglio

In alto: l'asta non risulta verificata a pressoflessione (carenza $N/M\%_{max}$=5,60%) ed inoltre presenta una carenza di armatura a flessione (Af) fino ad un valore massimo di 0,82 cm^2.

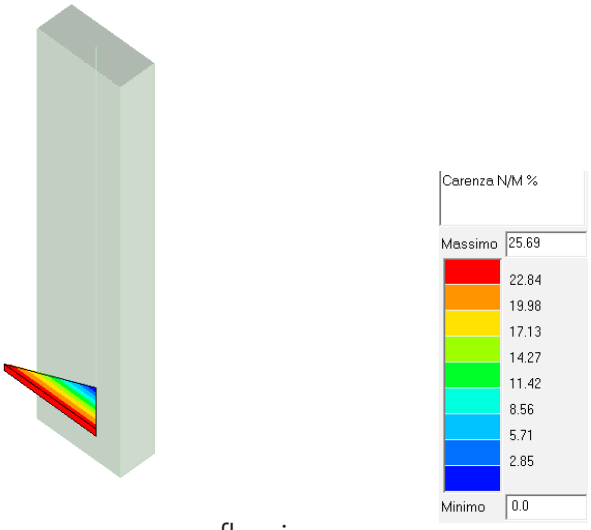
In basso: l'asta non risulta verificata a taglio ed inoltre presenta una carenza di armatura a taglio (Afw) fino ad un valore massimo di 2,40 cm^2.

Verifica pilastri

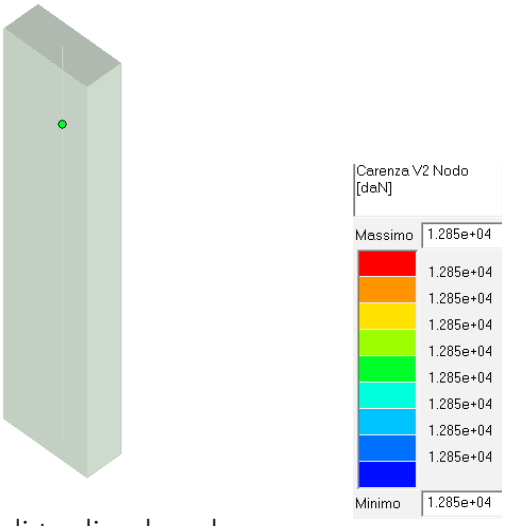


Schema che riporta i pilastri verificati (ciano) e quelli non verificati (rosso) alla NTC 2018 nella fase ante operam.
Come si può vedere alcuni pilastri non vengono verificati e perciò necessiterebbero rinforzi locali.
L'elemento pilastro si intende come verificato se il suo rapporto tra sollecitazione di progetto e sollecitazione ultima dalla sezione risulta inferiore a 1 (Sd/Su < 1).

Pilastro



Carenza a pressoflessione



Carenza di taglio al nodo

Il pilastro non risulta verificato a pressoflessione (N/M%=25,69) ed inoltre presenta una carenza a taglio nel nodo superiore pari a 1285 e^{04} daN.

4.3.5 Valutazione classe di rischio sismico e relativi interventi di miglioramento

A seguito di simulazioni effettuate mediante la metodologia degli Stati Limite, sono state riscontrate una serie di carenze che interessano la struttura, in termini di non conformità all' attuale normativa.
Tecnicamente parlando, anche ad una prima valutazione riguardante i soli carichi verticali, si è notato che diversi elementi (travi e pilastri) non riescono a soddisfare i requisiti normativi per definirsi verificati.
Questo ha spinto a voler comprendere da quale classe di rischio la struttura sia caratterizzata, e a fare considerazioni in merito a come poter migliorare le sue prestazioni strutturali in relazione alla normativa corrente (NTC 2018)[1].
Vale la pena precisare che si tratta di una valutazione che viene effettuata con la esclusiva finalità di testare una prassi operativa attualmente molto diffusa; nella consapevolezza che il miglioramento sismico di una struttura come la Borsa Valori di Torino richiederebbe di essere affrontato pensando alle reali necessità dell'opera più che alla possibilità di ottenere per essa finanziamenti di natura contingente.
Le classi di rischio sismico vanno in ordine decrescente, partendo dalla classe A+ (minor rischio) alla G (maggior rischio), e sono il risultato del rapporto di tre fattori: pericolosità, vulnerabilità ed esposizione.[2]

Rischio sismico = Pericolosità * Vulnerabilità * Esposizione

• La pericolosità è intesa come la probabilità che si verifichi un sisma ed è una caratteristica propria dell'area in cui si trova l'edificio.

• La vulnerabilità è la capacità dell'edificio in esame di resistere al sisma e consiste nella valutazione delle conseguenze che il sisma avrebbe su di esso.

• L'esposizione è la valutazione socioeconomica delle conseguenze del sisma ed è legata alla comunità che circonda l'edificio in questione.

L'attribuzione della classe di rischio sismico può essere condotta attraverso due metodi distinti:

1. Metodo semplificato

2. Metodo convenzionale

Il metodo semplificato si basa su una valutazione speditiva della classe di rischio sismico, applicabile per i soli edifici in muratura.
Il metodo convenzionale invece può essere utilizzato per tutte le tipologie di edificio ed è basato sull'osservazione di parametri descritti dall'attuale normativa che consentono la valutazione del rischio sismico sia nella fase ante-operam che in quella post-operam.

Secondo la Normativa[3], per determinare la classe di rischio simico si fa riferimento a:

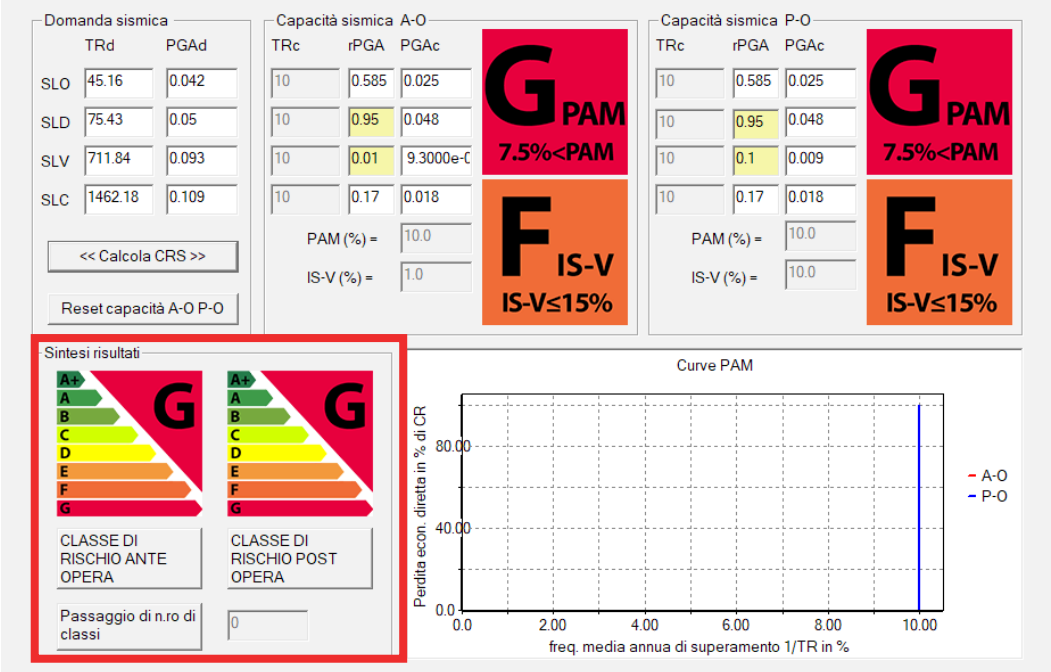
---

[1] D.M 17 gennaio 2018, "aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni"». Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8, 2018, (NTC2018).

[2] D.M. 65 del 7 marzo 2017, *Sisma Bonus - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e i relativi allegati*. Modifiche all'articolo 3 del Decreto Ministeriale numero 58 del 28/02/2017.da «https://www.mit.gov.it/ ».

[3] *ibid.*

Incremento di resistenza sismica del 10%, ζE = 0.1



PGAd = 0,093 g

ANTE OPERAM

rPGA = 0,01

PGAc = 9,3 x e^{-4} g

PAM (%) = 10,0

IS-V (%) = 1,0

POST OPERAM

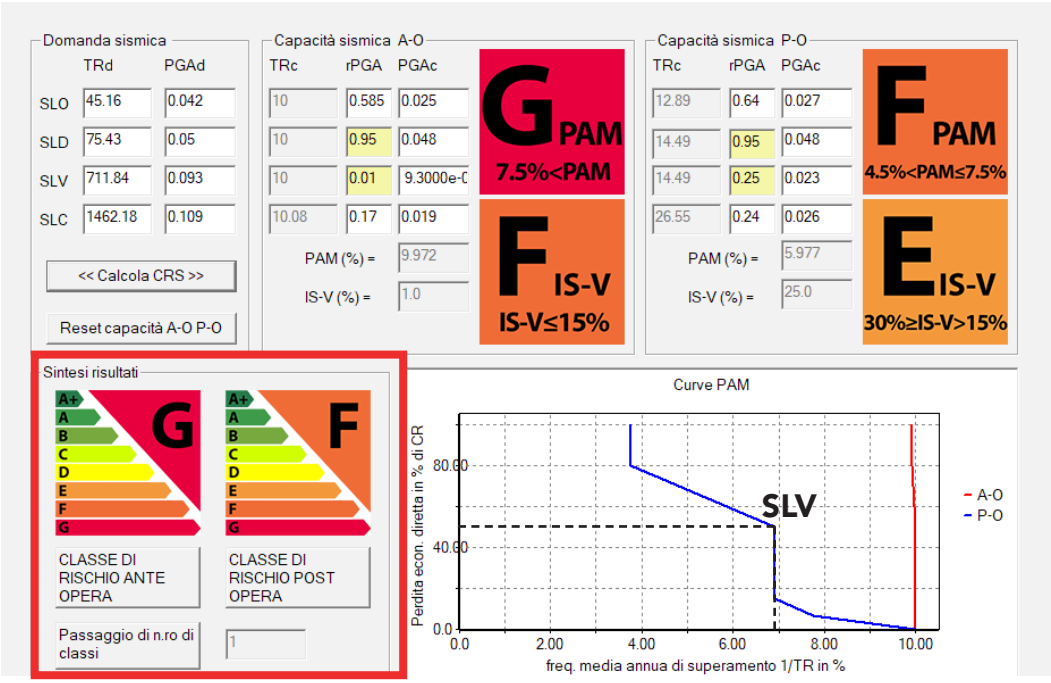
rPGA = 0.1

PGAc = 9,3 x e^{-3} g

PAM (%) = 10,0

IS-V (%) = 10,0

Incremento di resistenza sismica del 25 %, ζE = 0.25



PGAd = 0.093 g

ANTE OPERAM

rPGA = 0.01

PGAc = 9,3 x e^{-4} g

PAM (%) = 10,0

IS-V (%) = 1,0

POST OPERAM

rPGA = 0.25

PGAc = 0.023 g

PAM (%) = 5,98

IS-V (%) = 25,0

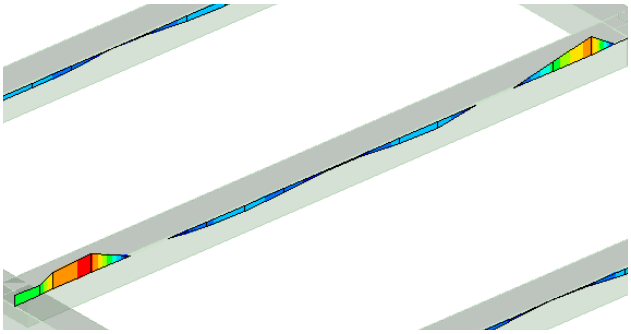
Acquisizione dei dati che definiscono la resistenza sismica della struttura: PGAd e PGAc ante e post operam .
Si apprendono inoltre i valori di PAM e IS-V caratterizzanti la classe di rischio sismico ottenuta, e il grafico della curva PAM ante e post operam. Sull'asse delle ascisse la frequenza annua media di superamento di un sisma che porta al raggiungimento di uno stato limite (SLC, SLV, SLD, SLO), sull' ordinate la perdita economica diretta espressa in perecentuale sul costo di ricostruzione (% CR).

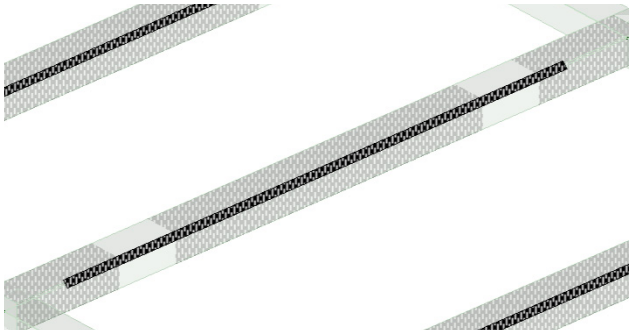
1. La Perdita Annuale Media attesa (PAM), parametro che tiene conto delle perdite economiche relative alla ricostruzione degli edifici, associate ai danni sismici che si verificano nel corso della vita di quest'ultimi. Questo valore è ripartito annualmente ed è espresso come percentuale del costo di ricostruzione. Il PAM inoltre è valutabile graficamente come l'area sottesa della curva che rappresenta le perdite dirette in relazione alla frequenza annua media di superamento degli eventi sismici che provocano il raggiungimento di uno stato limite.
2. L'indice di sicurezza (IS-V) della struttura, rapporto tra l'accelerazione di picco al suolo (PGA, Peak Ground Acceleration) che determina il raggiungimento dello stato limite di salvaguardia della vita (SLV) di un edificio esistente, e l'accelerazione al suolo prevista dalla Normativa 2018 nel sito in esame per un edificio di nuova costruzione.
Dal punto di vista operativo si è ricorsi all'applicativo PRO_SMB, il quale ha permesso di monitorale passo passo l'incidenza degli interventi di miglioramento ipotizzati rispetto classe di rischio caratterizzante la struttura.
Dopo aver ricavato un valore di zE (rapporto tra la azione sismica sopportata dalla struttura e l'azione sismica che si utilizzerebbe in un progetto di nuova costruzione) tale da rendere verificati tutti gli elementi della struttura, si è giunti alla conclusione, che attraverso diverse tipologie di consolidamenti che coinvolgano numero limitato di travi e pilastri, potrebbe essere possibile incrementare il valore di PGAc da 9.3 e-4 g a 0.023 g, corrispondente ad una aumento della resistenza sismica del 25%, che permetterebbe all'edificio di passare dalla classe di rischio G alla classe di rischio F.
Il miglioramento sismico ottenuto supera notevolmente quello minimo imposto dalla Normativa, per edifici di classe III, pari al 10%.
Per giungere a questo risultato, gli interventi applicabili consisterebbero in una serie di fasciature con fibre FRP (Fiber Reinforced Polymers) ed acciaio, metodologie entrambe molto comuni quando si parla di miglioramento di edifici esistenti che registrano aumenti prestazionali significativi.
L'utilizzo di questi materiali potrebbe sopperire ad una serie di carenze della struttura quali:

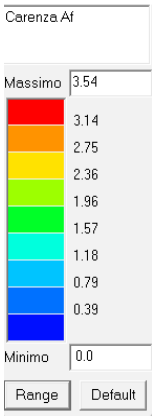
- Af e Afw, rispettivamente carenza a flessione e a taglio (intese come aree di armatura mancante) nelle travi.
- Carenza N/M%, cioè carenza a pressoflessione espressa in percentuale.
- Carenze V2 e V3, che esprimono lo sforzo di taglio che il nodo non è in grado di contrastare.

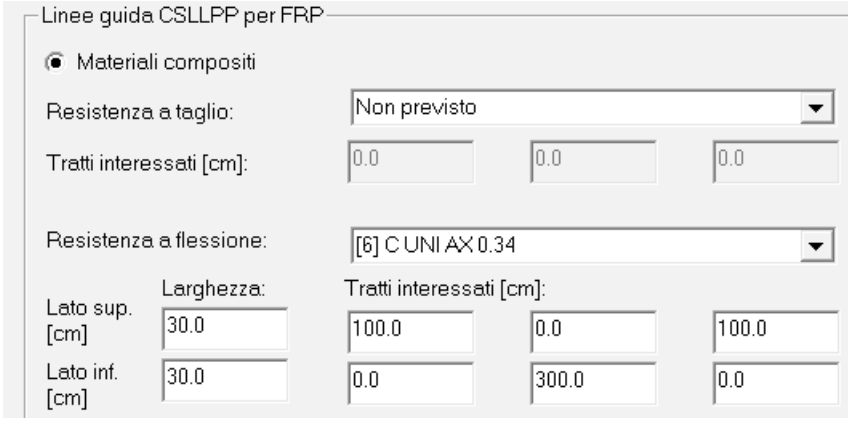
In molti casi, gli elementi non verificati mostrano carenze non ugualmente distribuite, ma limitate a singoli tratti. Questo presupporrebbe l'applicazione del rinforzo solamente alle porzioni di trave o pilastro interessate, rendendo più contenuta la spesa degli interventi.

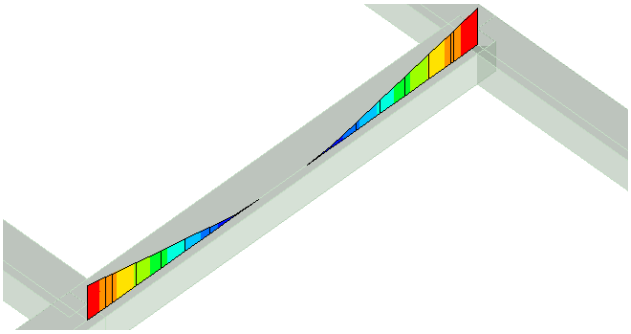
[1] Con PGA (Peak Ground Acceleration) si intende l'accelerazione del suolo provocata a seguito del sisma. Questo valore varia a seconda della zona presa in esame e rappresenta il massimo valore di accellerazione a cui l'edificio deve essere sottoposto, prima di arrivare ad uno Stato Limite, ai sensi delle NTC2018 (nel caso della Borsa Valori PGAd [SLV] =0.093 g). I valori di PGAc rappresentano invece l'accellerazione del suolo che l'edificio sarebbe in grado di sopportare allo stato attuale e in seguito ad eventuali interventi di consolidamento (PGAc (SLV) ante operam = 9.3 e^{-4} g; PGAc [SLV] post operam = 0.023 g)

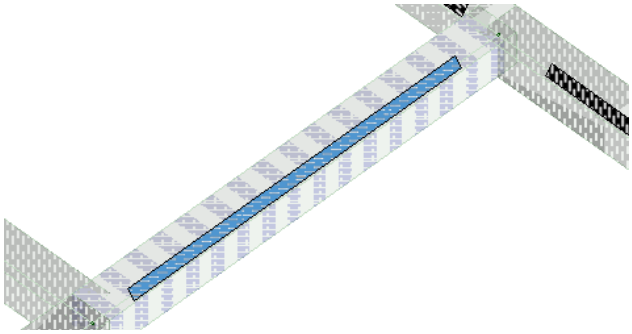


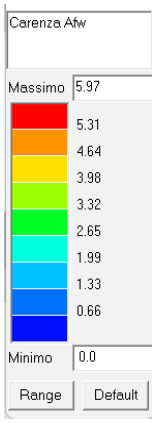


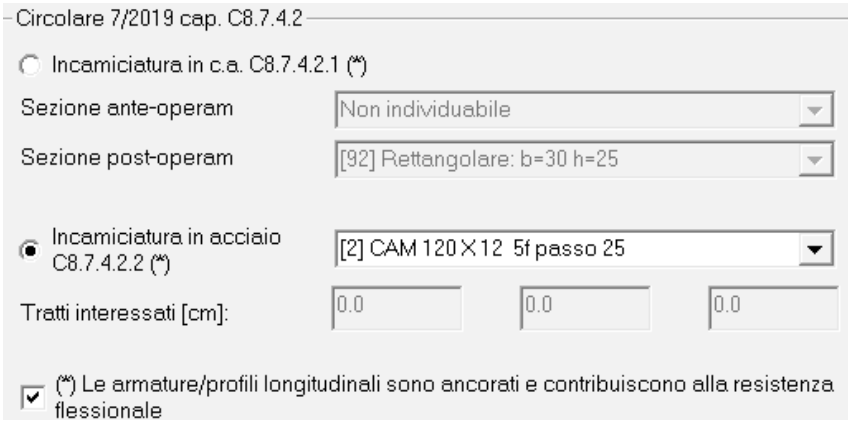






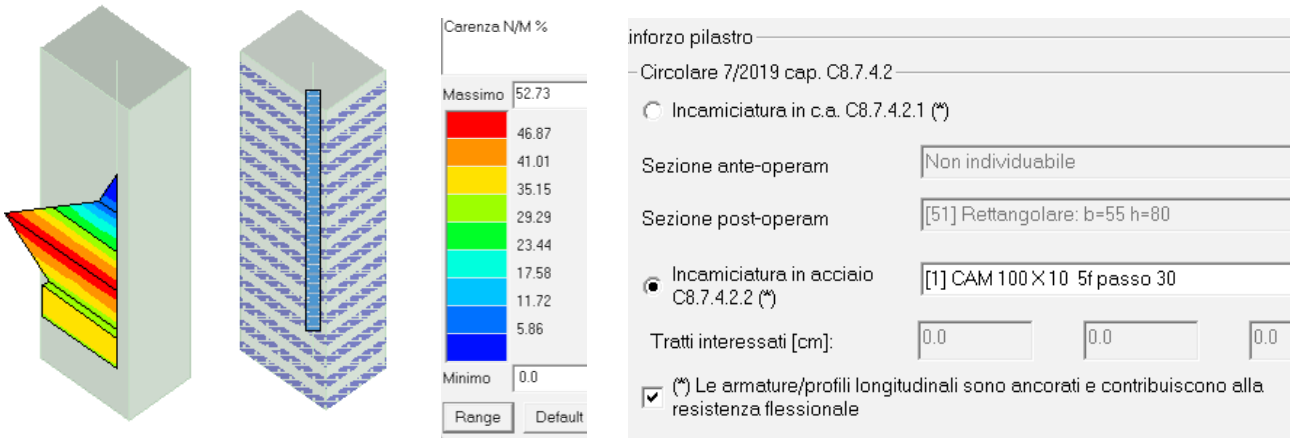


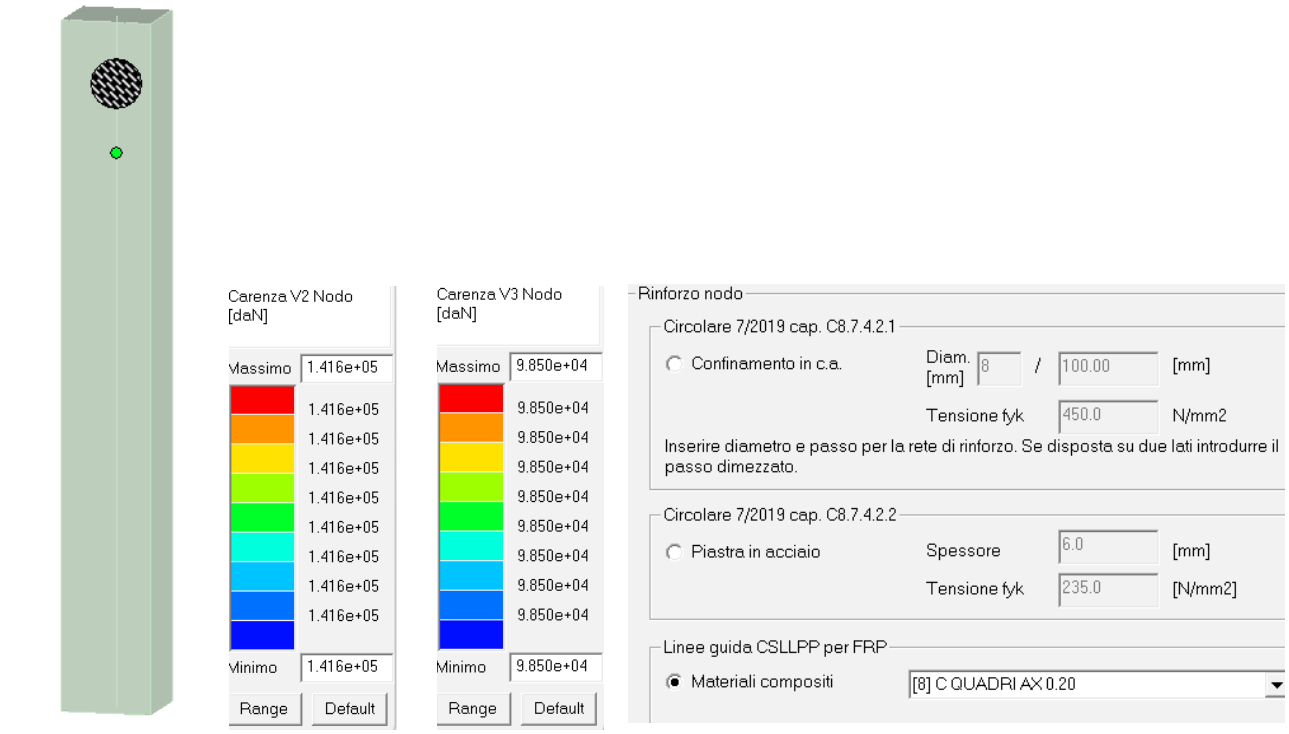




In alto: Miglioramento di una trave avente carenza a flessione Af (intesa come aree di armatura mancante) massima di 3,54 cm^2, attraverso l'applicazione di due fasce monoassiali di FRP in fibra di carbonio dello spessore di 0,34 cm.

In basso: Miglioramento di una trave avente carenza a taglio Afw (intesa come aree di armatura mancante) attraverso l'applicazione di un incamiciatura in acciaio avente angolari di lato 12 cm e spessore di 1,2 cm, con 5 fasce alte 1.9 cm aventi un passo di 3 cm.





In alto: Miglioramento di un pilastro avente carenza a pressoflessione N/M% massima del 52,73%, attraverso il metodo dell'incamiciatura. Viene utilizzata un'incamicitura in acciaio formata da angolari di lato 10 cm e spessore 1 cm, e da 5 fasce in acciao con un passo di 2,5 cm.

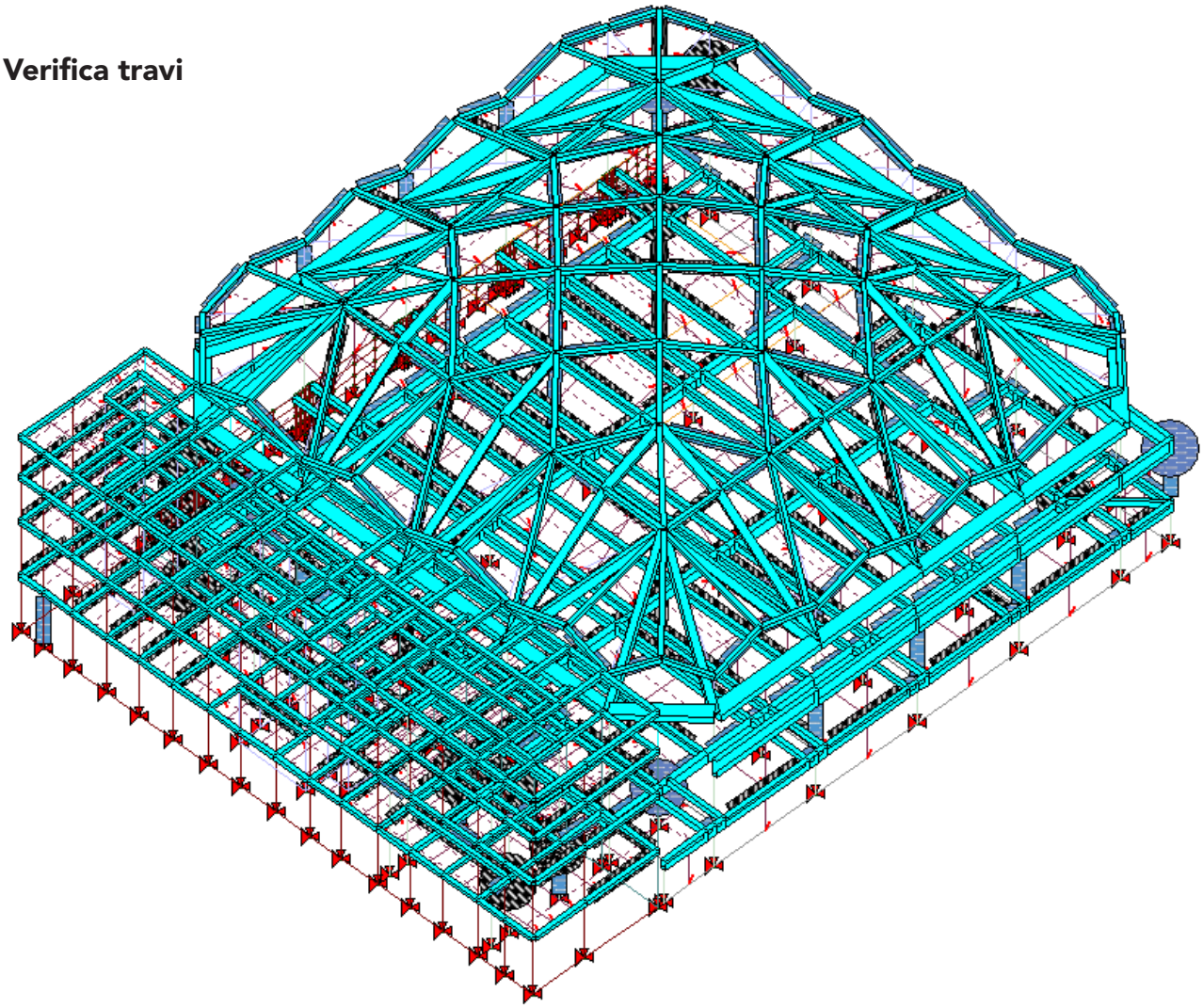
In basso: Miglioramento di un nodo avente carenze V_2 e V_3 a taglio attraverso l'applicazione di una fasciatura in fibre FRP quadriassiali in carbonio dello spessore di 0,20 cm.

A sinistra: Esempi di interventi di miglioramento sismico attraverso la fasciatura di nodi, travi e pilastri con le FRP (Fiber Reinforced Polymers). («https://www.imstprogetti.it/», «https://www.marcodepisapia.com/», «https://www.avenergetica.it/»).

A destra: Esempi di interventi di miglioramento sismico con il metodo della fasciatura in acciaio di nodi, travi e pilastri. («https://www.edilcamsistemi.com»).

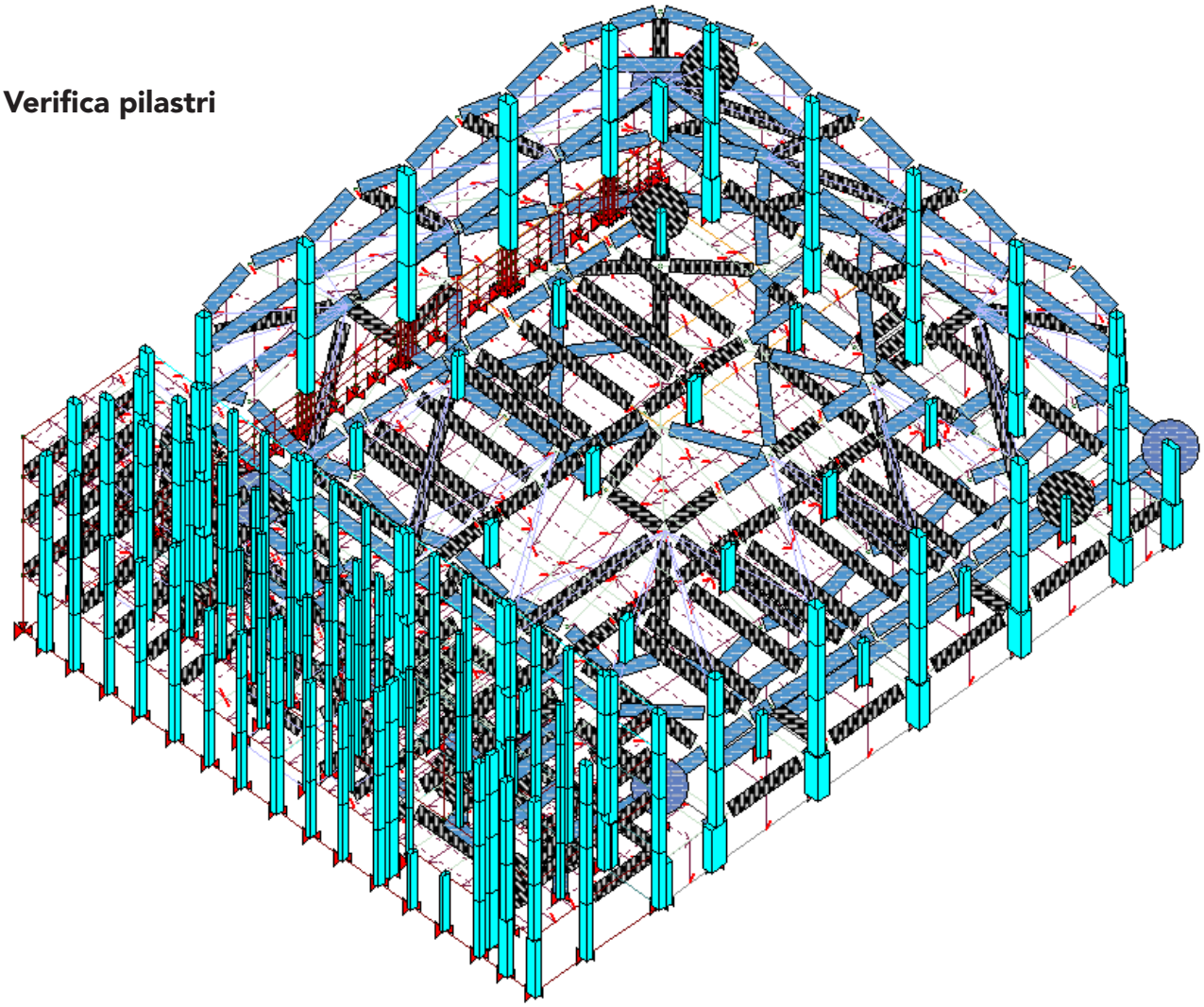
Stato delle verifiche degli elementi dopo gli interventi

Verifica travi

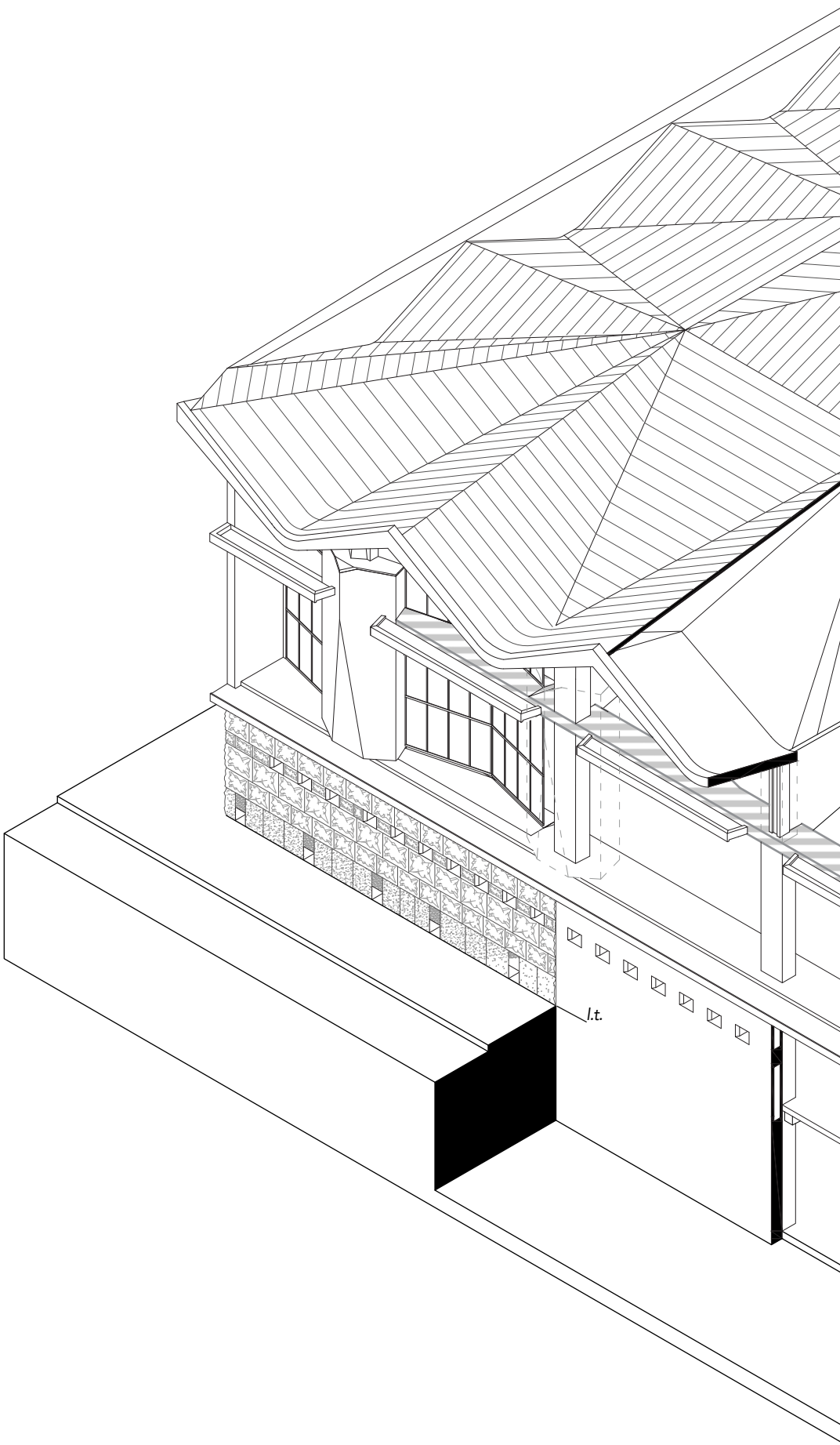


Schema che riporta le travi verificate alla NTC 2018 nella fase post operam.
A seguito degli interventi di miglioramento, la struttura rimane verificata sino ad un livello di rPGA pari a 0.25 (Classe F).
L'elemento trave si intende come verificato se il suo rapporto tra sollecitazione di progetto e sollecitazione ultima dalla sezione risulta inferiore a 1 (Sd/Su < 1).

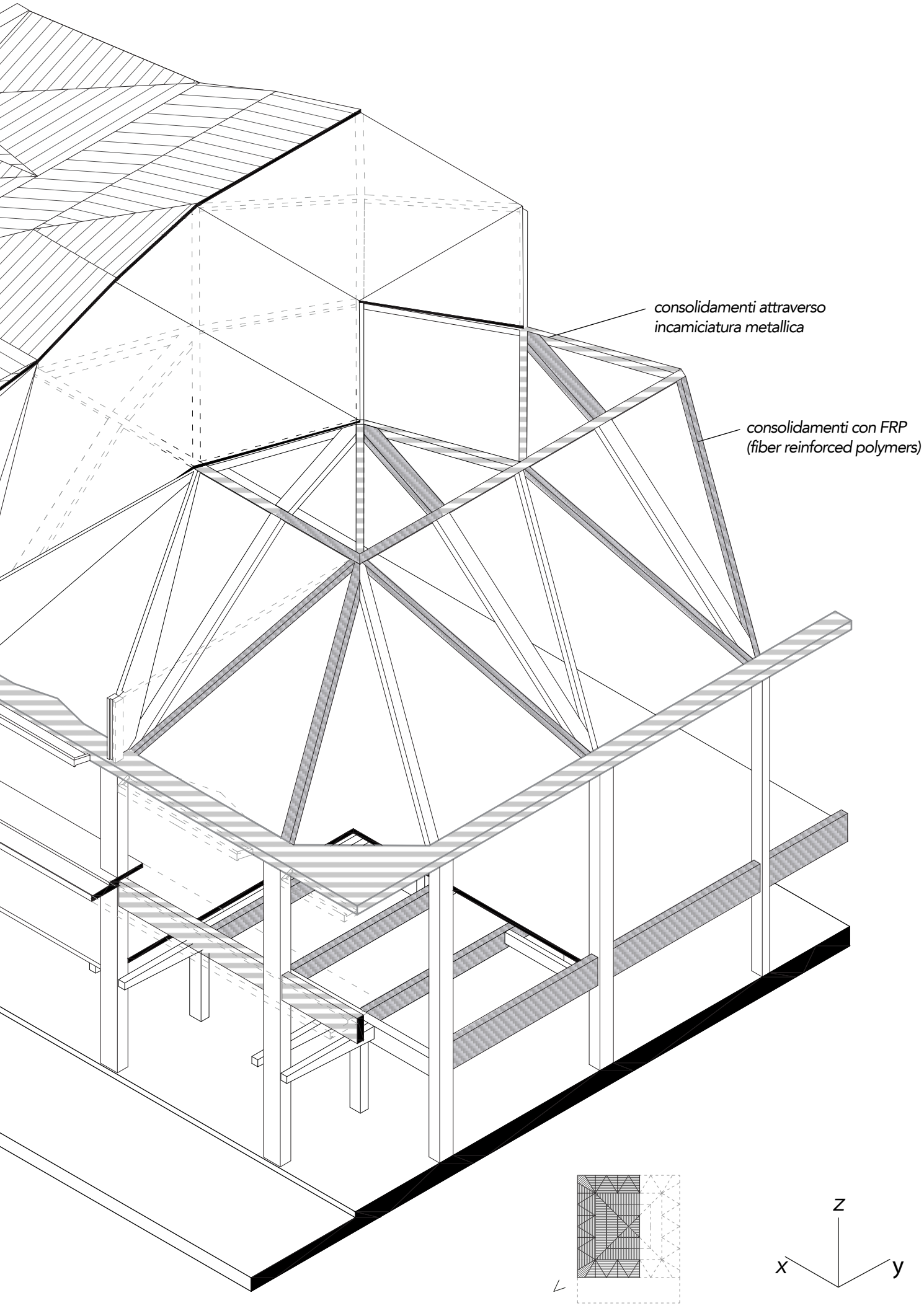
Verifica pilastri



Schema che riporta i pilastri verificati alla NTC 2018 nella fase post operam.
A seguito degli interventi di miglioramento, la struttura rimane verificata sino ad un livello di rPGA pari a 0,25 (Classe F).
L'elemento pilastro si intende come verificato se il suo rapporto tra sollecitazione di progetto e sollecitazione ultima dalla sezione risulta inferiore a 1 (Sd/Su < 1).



Schema assonometrico con indicazione degli interventi di miglioramento ipotizzati. (Elaborato di J. Rosa, M. Pescarolo)


consolidamenti attraverso
incamiciatura metallica
consolidamenti con FRP
(fiber reinforced polymers)
z
x
y

4.3.6 Considerazioni

Diversi elementi della struttura non sono verificati all'azione sismica della Normativa (NTC 2018)
Nonostante l'accuratezza geometrica, la non completezza delle informazioni reperite ha portato, nella definizione del modello, a considerare i materiali come esistenti (come si è soliti fare) e a sfruttare coefficienti di correzione traducibili in una diminuzione della resistenza media dei materiali.

Le indagini infatti (termografiche, prove sclerometriche e la misura del potenziale di corrosione), condotte nel settembre 2021, riportano invece ottimi risultati sullo stato del calcestruzzo, coerente con i dati delle prove sui materiali condotti dall.ing Camoletto nella relazione di collaudo del 1957.

Questo si potrebbe tradurre in una complessiva migliore risposta della struttura rispetto a quella ipotizzata nel modello di studio, anche se difficile valutare di quanto.

Per quanto riguarda i criteri di intervento suggeriti dalla vigente Normativa, prevedendo che la Borsa non cambi la sua destinazione d'uso, sono stati categoricamente esclusi gli interventi definiti ''globali'' (modifiche delle irregolarità della pianta) dato che, come abbiamo visto nel capitolo 3, la Borsa Valori è composta da due strutture indipendenti, entrambe caratterizzate da un impianto estremamente simmetrico e regolare.

Si è cercato di dimostrare invece che, assumendo come corrette le informazioni restituite dal programma di calcolo, il comportamento sismico della struttura potrebbe subire un significativo miglioramento ricorrendo esclusivamente ad interventi puntuali che, nonostante la complessità e durata di una ipotetica cantierizzazione, finirebbero per modificare in modo del tutto impercettibile l'aspetto dell'edificio.

Conclusioni

La Tesi si è posta l'obiettivo di analizzare la Borsa Valori di Torino, uno dei primi progetti di Gabetti, Isola, Giorgio Raineri con Giuseppe Raineri (autore delle strutture) dopo 20 anni di inutilizzo, non solamente da un punto di vista documentale ma piuttosto approfondendone i dettagli costruttivi, al fine di comprenderne la condizione in cui versa strutturalmente. Nonostante l'ottimo stato di conservazione, l'opera dagli anni Novanta ad oggi non ha visto alcuna iniziativa volta al suo mantenimento (a parte un esteso progetto di bonifica dell'amianto che ha interessato la copertura) seppure la sua rifunzionalizzazione sia stata in più occasioni al centro del dibattito cittadino. La Camera di Commercio, tutt'ora proprietaria dell'edificio, ha in più occasioni promosso progetti di rifunzionalizzazione in collaborazione con il Politecnico di Torino, lo studio Isola Architetti e Giorgio Raineri. Nel 2008 e nel 2017 sono state presentate due proposte, rimaste irrealizzate, di riconversione della ex Borsa Valori in Centro polifunzionale (per mostre, esposizioni, eccetera) e in "Piazza del vino" con annesse funzioni per l'enogastronomia regionale. Dando per scontata la disparità tra la rilevanza storica dell'edificio, dichiarato inoltre di "importante carattere artistico", 21 agosto 2017, e tutelato ai sensi dell'art. 20 comm. 2 della legge 633/41 (legge sul diritto d'autore) e l'attuale stato di abbandono, l'attenzione è stata intenzionalmente rivolta alla risposta strutturale a quasi Settant'anni dalla realizzazione, per comprendere anche quali potrebbero essere gli interventi indispensabili per un adeguamento alle recenti normative. Le analisi effettuate mediante la modellazione digitale, unite alle prove empiriche effettuate annualmente su incarico della Camera di Commercio e Artigianato di Torino, mostrano risultati decisamente positivi sullo stato di conservazione e attestano che l'edificio può essere ancora fruibile anche da un punto di vista puramente strutturale. Le proprietà dei materiali risultanti dalle indagini termografiche e sclerometriche si attestano, ad eccezione di limitate situazioni di degrado localizzato, su valori coerenti con quelli riportati nella relazione di collaudo del 1957 (Camoletto). Quanto alla risposta sismica della struttura il discorso è più articolato. Il modello agli EF - costruito mediante un codice di calcolo di utilizzo corrente - è stato innanzitutto confrontato con gli schemi semplificati adoperati dai progettisti, evidenziando il ruolo - a conti fatti, trascurabile - delle approssimazioni implicite nelle verifiche 'manuali'. Successivamente il modello è stato verificato sotto le azioni sismiche di normativa, riconoscendo come le carenze inevitabilmente connaturate a una struttura progettata senza tener conto delle azioni orizzontali siano da trattare con la dovuta attenzione ma non implichino una insufficienza generalizzata e irrimediabile. Margini soddisfacenti di miglioramento, perfettamente in linea con quanto è lecito attendersi da strutture simili, sono conseguibili mediante interventi diffusi

(fasciature con polimeri fibro-rinforzati o acciaio) di limitatissimo impatto visivo, pienamente rispettosi dei caratteri percettivi e distributivi originari.

Bibliografia

Volumi e monografie

R. Gabetti, A. Isola, L. Raineri, *Gabetti, Isola, Raineri*, Editrice Serca, Chiasso, 1971.

F. Cellini, C. D'Amato, *Gabetti e Isola. Architetture* 1950-85, Electa Editrice, Milano, 1985.

M. Baracco, *Il Palazzo della Borsa Valori,* in Per Torino, Torino, Camera di commercio di Torino, 1990.

C. Olmo, *Gabetti e Isola. Architetture*, Allemandi, Torino, 1993.

A. Guerra e M. Morresi, *Gabetti e Isola. Opere di architettura*, Electa, Milano, 1996.

Roberto Gabetti, *Chiese per il nostro tempo. Come costruirle, come rinnovarle*, Elledici, Leumann, 2000.

E. Tamagno, *La Borsa Valori e il Palazzo degli Affari a Torino*, in *Arte, economia e territorio: architetture e collezioni d'arte delle Camere di Commercio* / a cura di R.Cassanelli, Jaca Book, Milano, 2008.

Giuseppe Raineri: Opere scelte, numero monografico di «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

E. Tamagno, I*l Palazzo degli Affari di Carlo Mollino. Architettura d'autore nella storia della Camera di Commercio di Torino*, Ad Arte, Torino, 2010.

A. Papuzzi (a cura di), *La Borsa Valori di Torino. Il progetto, la sua storia*, Allemandi & C., Torino, 2011.

Knut Stegmann, *Das Bauunternehmen Dyckerhoff*

& Widmann: Zu den Anfängen des Betonbaus in Deutschland 1865-1918, Verlag Wasmuth & Zohlen, Berlino, 2014.

Ge. Canella, P. Mellano (a cura di), *Roberto Gabetti 1925-2000*, Franco Angeli, Milano, 2017.

S. Giriodi, *Roberto Gabetti: architetto e fotografo*, Il Quadrante, Torino, 2020.

Articoli

C. Ezi, *Ha cento anni la Borsa valori di Torino*, in «Cronache economiche», 1950, n.94.

Il progetto per la ricostruzione della nuova Borsa valori, «Cronache economiche», 1953, n.123.

L'inizio dei lavori di ricostruzione della Borsa Valori, «Cronache economiche», 1953, n.124.

V. Gregotti, *Un nuovo architetto torinese: Giorgio Raineri*, in «Casabella-Continuità», n. 212, 1956, pp. 34-38.

Testimonianze Tecniche, in «Casabella-Continuità», n. 215, 1957, pp. 98-105

R. Gabetti, A. Isola, G. Raineri, *Palazzo della Borsa Valori in Torino*, in «Casabella-Continuità» n. 215, aprile/maggio 1957, pp. 72-75.

Palazzo della Borsa Valori in Torino, in «Casabella-Continuità», n. 215, aprile/maggio 1957, pp. 72-75.

Il «Securit» nell'architettura, Borsa Valori di Torino, in «Domus», n.331, giugno 1957, pp.51-55.

R.Gabetti, A.Isola, V.Gregotti, *L'impegno della tradizione*, in «Casabella-Continuità», n. 215, aprile/maggio 1957, pp. 63-64.

D.M. 16 gennaio 1996, "*Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi*". Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti, G.U n.29 del 5 febbraio 1996, Supplemento Ordinario n. 19, 1996.

T. Del Bel Belluz, *Lo studio di via Sacchi 24: Giorgio e Giuseppe Raineri*, in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

F. Giau, *Giuseppe Raineri: Opere scelte*, in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

A. Isola, *Giuseppe Raineri: un ordine anomalo*, in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

L. Mamino, *Un'altra architettura, nascosta,* in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

D. Rolfo, *Alla ricerca di Giuseppe Raineri*, in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

G. Siniscalco, *La scienza di Giuseppe Raineri,* in «Atti e Rassegna Tecnica della Società degli Ingegneri e degli Architetti in Torino», n.5, gennaio 2008.

K. Stegmann, *Early Concrete Constructions in Germany – A Review with Special Regard to the Building Company Dyckerhoff & Widmann*, in: Karl-Eugen Kurrer, Werner Lorenz and Volker Wetzk (eds.), Proceedings of the Third International Congress on Construction History, Berlin: Neunplus1 2009, vol. 3, pp. 1371–1378.

K. Stegmann, *Zu den deutschen Anfängen des Bauens mit Beton. Der Stampfbetonpionier Eugen Dyckerhoff (1844–1924)*, in: *Beton- und Stahlbetonbau* vol. 106 (2011), issue 6, pp. 415–424.

D.M. 65 del 7 marzo 2017, *Sisma Bonus - Linee guida per la classificazione del rischio sismico delle costruzioni e i relativi allegati*. Modifiche all'articolo 3 del Decreto Ministeriale numero 58 del 28/02/2017.

D.M 17 gennaio 2018, "*aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni"*». Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, G.U. n. 42 del 20 febbraio 2018, Supplemento Ordinario n. 8, 2018, (NTC2018).

Tesi di laurea consultate

S. Tarantino, *Strutture nervate e corrugate in calcestruzzo: la Borsa Valori e il Nuovo Teatro Regio a Torino*, Tesi di Laurea in Architettura, Politecnico di Torino, Torino 2000. (relatore Prof. P. Napoli)

V. Marchisio, *La Borsa Valori di Torino. Dal "Diritto" alla "Tutela", prime ipotesi di ridestinazione*, Tesi di Laurea in Architettura, Politecnico di Torino, Torino, 2018. (relatrice Prof.ssa Ge. Canella, Correlatori C. Bartolozzi, T. Marzi)

B. Mecca, *Una metodologia MCDA per analizzare le ipotesi di Adaptive Reuse per un edificio storico iconico*, Tesi di Laurea in Architettura, Politecnico di Torino, Torino, 2018. (relatrice Prof.ssa I. M. Lami)

Sitografia

https://areeweb.polito.it/strutture/cemed/museovirtuale/storia/2-02/2-2-03/float/065.htm

https://www.to.camcom.it/ex-borsa-valori

https://www.isolarchitetti.com/index.php/societa-ippica-nichelino

https://www.museotorino.it/

https://circololettori.it/progetti/circolo-dei-lettori-a-torino/

http://www.atlanteditorino.it/zoom/1914.htm

https://www.mit.gov.it/

https://www.gazzettaufficiale.it/

Apparati

Archivio Ufficio Tecnico Camera di Commercio Industria Artigianato e Agricoltura di Torino (CCIA)

Fascicolo n.8344: ''Calcoli Statici della Cupola''
Relazione di calcolo ad opera della Ditta Monateri

Fascicolo di prot. n.14 - Categ. C.A.
''Relazione di collaudo statico''

Progetto della Borsa Valori di Torino
Relazione Tecnica ''Stellage 414''

Corrispondenze e carteggi

Archivio Monateri

Estratto: ''Contratto d'Appalto'', art.3
Opere in cemento armato

Estratto: ''Capitolato Speciale d'Appalto'', capo1, art.1, art.27
Opere in cemento armato

Piano terrazzo e sezione longitudinale schematica
Allegato C6 al n. 30500/14210 di Repertorio

Pianta della copertura
Allegato C7 al n. 30500/14210 di Repertorio

Prospetto su via San Francesco da Paola
Allegato C8 al n. 30500/14210 di Repertorio

Prospetto su via Cavour
Allegato C9 al n. 30500/14210 di Repertorio

Prospetto su giardino
Allegato C10 al n. 30500/14210 di Repertorio

Sezione a-a
Allegato C11 al n. 30500/14210 di Repertorio

Sezione b-b
Allegato C12 al n. 30500/14210 di Repertorio

Sezione c-c
Allegato C13 al n. 30500/14210 di Repertorio

Archivio Giuseppe Raineri

Borsa Valori - Strutture portanti, copertura garage
Allegato D5 al n. 30500/14210 di Repertorio

Borsa Valori - Strutture portanti, cupola
Allegato D9 - 11 al n. 30500/14210 di Repertorio

Archivio Gabetti e Isola

Planimetria generale

Pianta piano rialzato

Pianta piano primo

Pianta piano secondo

Pianta della copertura

Prospetto su via Cavour

Prospetto su via San Francesco da Paola

Prospetto su giardino

Sezione longitudinale (a-a)

Sezione trasversale (c-c)

Particolari di prospetto su via San Francesco da Paola

Particolari di prospetto su via Cavour

Tav. 8344/1

Tav. 8344/5

Tav. 8344/6

Tav. 8344/10

Tav. 8344/14

Tav. 8344/16

Tav. 8344/26

4 EMME Service S.p.A.

Indagini sperimentali in sito
Copertura ex Borsa Valori
in via San Francesco da Paola n.28
Prove n.9051/TO - 9054/TO, 18 giugno 2021