COMMITTENTE

RFI RETE FERROVIARIA ITALIANA

SOGGETTO TECNICO

DIREZIONE STAZIONI - INGEGNERIA E INVESTIMENTI

PROGETTAZIONE

MANDATARIA

CODING GENERAL ENGINEERING & PLANNING

CODING S.R.L.

MANDANTE

POLITECNICA BUILDING FOR HUMANS

POLITECNICA SOC. COOP.

SWS

SWS ENGINEERING S.P.A.

HUB DI INTERSCAMBIO FERROVIARIO DI POMPEI

PROGETTO DEFINITIVO

STRUTTURE

PIASTRA DI SCAVALCO E RELATIVE FONDAZIONI

Relazione di calcolo

SCALA

-

PROGETTO	ANNO	SOTTOPR.	LIVELLO	NOME DOC.	TIPO DOC.	SCALA	NUM.	REV.
3205	20	S01	PD	PMFV	RC	SX	E01	A

Rev	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	Data	Autorizzato Il progettista	Data
A	Emissione	I Lardani	L.Nardoni	P.Luciani	dic. 2020	G. Coppa	dic. 2020

Controllo Qualità

QA & QC	Verificato	Approvato	Autorizzato
	M.Italiano	F.Bordoni	R. Vangeli

Soggetto Tecnico	Data	Referente di Progetto	Data
F.Cerrone	16/11/20	A.Martino	

POSITIONE ARCHIVIO

LINEA	SEDE TECNICA	NOME DOC.	NUMERAZIONE
= = = =			

Verificato e Trasmesso	Data	Convalidato	Data	Archiviato	Data

Progetto definitivo

Piastra di Scavalco e relative fondazioni

Relazione di calcolo

HUB DI INTERSCAMBIO FERROVIARIO DI POMPEI

Rev.	Descrizione revisione	Redatto	Verificato	Approvato	Autorizzato
0	Emissione	I. Lardani	L. Nardoni	P. Luciani	F. Coppa

INDICE

1 SCOPO DEL LAVORO 8

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 10

1.1 NORME E/O LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE RELATIVE ALL'ACCESSIBILITÀ 10

1.2 NORME E/O LINEE GUIDA PER LA PROGETTAZIONE E COSTRUZIONE 10

1.3 NORME NAZIONALI 12

1.4 MANUALI, SPECIFICHE, ISTRUZIONI, PRESCRIZIONI, ETC. DI RFI, ATTINENTI LE OPERE CIVILI DI RFI 13

1.4.1 Opere civili 13

1.4.2 Impianti elettrici – Rete di terra e protezione dalle scariche atmosferiche 16

1.4.3 Impianti speciali – TVCC 16

1.4.4 Impianti speciali – IaP informazioni al pubblico 16

1.4.5 Impianti ascensori e scale mobili 17

1.4.6 Linea di Contatto 17

1.5 TARIFFE DI RFI 17

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO 18

3.1 NUOVA FERMATA FERROVIARIA 18

3.1.1 Scelte di progetto 18

3.1.2 I fabbricati storici della Fermata Pompei Scavi 21

3.1.3 Dotazioni funzionali 24

3.1.4 Pensiline 24

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA 26

5 MATERIALI 26

5.1 CALCESTRUZZO 26

5.1.1 Getti in opera e pali di fondazione 26

5.1.2 Plinti di fondazione 27

5.1.3 Predalles *28*
5.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO 29
5.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA 29
5.4 BULLONI 29
6 ANALISI DEI CARICHI 30
6.1 PESI PROPRI G1-G2 31
6.2 CARICHI VARIABILI QK1 34
6.3 PRESSIONE AERODINAMICA DOVUTA AL PASSAGGIO DEI TRENI 38
6.3.1 Pressione su superfici orizzontali al di sopra del binario Qk2 ..... *38*
6.3.2 Pressione su superfici verticali parallele al binario Qk1 ..... *40*
6.4 CARICO VENTO QK3 41
6.5 CARICO NEVE QK4 45
6.6 VARIAZIONI TERMICHE 48
6.7 AZIONE DOVUTA AL DERAGLIAMENTO DEL TRENO (URTO) 49
6.8 AZIONE SISMICA 49
6.9 AZIONI DERIVANTI DALLE SCALE 54
7 COMBINAZIONI DI CARICO 55
8 ELEMENTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO 56
8.1 VERIFICA DELLA SOLETTA (PREDALLES + GETTO IN C.A.) 57
8.1.1 Condizione di breve termine *57*
8.1.2 Condizione di lungo termine *59*
8.2 VERIFICA DEI SETTI VERTICALI DELLE VASCHE 62
8.2.1 Analisi dei carichi *62*
8.2.2 Analisi delle sollecitazioni e verifiche *63*
9 MODELLAZIONE 69
10 ANALISI MODALE 72
11 ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI 74

11.1 CONTROMONTA 75

12 SOLLECITAZIONI AGENTI 76

12.1 COMBINAZIONI SLU E SLV 76

12.2 COMBINAZIONE ECCEZIONALE (URTO) 83

13 VERIFICHE STRUTTURALI 88

13.1 TRAVE HE 160 B (COPERTURA) 91

13.2 TRAVE HE 180 B (COPERTURA) 92

13.3 TRAVE HE 200 B (COPERTURA) 94

13.4 TRAVE H 330A 96

13.5 TRAVE H 380A 97

13.6 TRAVE H 630 99

13.7 TRAVE H 630* 100

13.8 TRAVE H 630 PARALL SCALA 102

13.9 TRAVE H 820 104

13.10 TRAVE H 930 PARALL SCALA 105

13.11 TRAVE H 1200 107

13.12 TRAVE H 1200* 109

13.13 TRAVE H 1200S 110

13.14 TRAVE H VARIABILE 330A-200 112

13.15 TRAVE H VARIABILE 380-200 113

13.16 TRAVE H VARIABILE 380A-330A 115

13.17 TRAVE H VARIABILE 630-330 116

13.18 TRAVE H VARIABILE 630-380 117

13.19 TRAVE H VARIABILE 630 SCALA-330* 119

13.20 TRAVE H VARIABILE 820-380 120

13.21 TRAVE H VARIABILE 820-630 122

13.22 TRAVE H VARIABILE 930 SCALA - 630 SCALA 123

13.23 TRAVE H VARIABILE 930*-820 124

13.24 TRAVE H VARIABILE 1200-930 126

13.25 TRAVE H VARIABILE 1200*-820 127

13.26 TRAVE H VARIABILE 1200*-930* 129

13.27 TRAVE H VARIABILE 1200S-820 130

13.28 TRAVE H VARIABILE 1200S-930S 131

13.29 TRAVE ARRIVO SCALA 133

13.30 PILASTRINI 135

13.31 COLONNA Φ900 136

13.32 CONTROVENTI Φ25 138

13.33 NOTE SULLA MODELLAZIONE DELLE TRAVI CON ALA INFERIORE INCLINATA 139

13.34 EFFETTI DOVUTI ALLA PRESENZA DELLE FORATURE PER IL PASSAGGIO DEGLI IMPIANTI 141

13.35 VERIFICA LOCALE DELLA TRAVE DI BORDO 144

14 ROBUSTEZZA STRUTTURALE 148

14.1 VERIFICA ROBUSTEZZA STRUTTURALE SENZA UN PILASTRINO 149

14.1.1 Caso 1 - Rimozione pilastro di bordo – frame 626 150

14.1.2 Caso 2 - Rimozione pilastro di angolo – frame 629 151

14.1.3 Caso 3 - Rimozione pilastro lato scala – frame 645 151

15 RESISTENZA AL FUOCO 152

15.1 PRINCIPI DI CALCOLO 152

15.2 DISTRIBUZIONE DI TEMPERATURA 153

15.3 PROCEDIMENTO DI CALCOLO DELLA TEMPERATURA CRITICA DELL'ELEMENTO 154

15.3.1 Elementi tesi e inflessi 154

15.3.2 Elementi compressi 154

15.4 PROCEDIMENTO DI CALCOLO DELLA RESISTENZA AL FUOCO DELL'ELEMENTO 155

15.5 DETERMINAZIONE DEL CARICO DI INCENDIO 156

15.6 ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI PER CARICO DI INCENDIO 158

15.6.1 Colonne ϕ900 160

15.6.2 Travi H 1200 161

15.6.3 Travi H var 1200-930 163

16 SUDDIVISIONE IN CONCI DELLA STRUTTURA 165

17 DISPOSITIVI DI APPOGGIO E RITEGNI SISMICI 166

18 VALUTAZIONE DELLE IMPERFEZIONI GEOMETRICHE E STRUTTURALI 170

19 SOLLEVAMENTO DELLA STRUTTURA PER MANUTENZIONE 171

19.1 PRIMO CASO – SOLLEVAMENTO IN QUATTRO PUNTI 172

19.2 SECONDO CASO – SOLLEVAMENTO IN UN SOLO PUNTO 175

20 UNIONI TRA CONCI DI TRAVE GRIGLIATO INFERIORE 178

20.1 UNIONE FLANGIATA TRA DUE CONCI DI TRAVE H1200 178

20.2 UNIONE FLANGIATA TRA DUE CONCI DI TRAVE PERPENDICOLARI 180

21 UNIONI TRA CONCI DI TRAVE GRIGLIATO DI COPERTURA 182

21.1 UNIONE FLANGIATA TRA TRAVI HEB180 182

21.2 UNIONE FLANGIATA TRA TRAVI HEB200 184

22 UNIONE FLANGIATA DEI PILASTRINI 186

22.1 VERIFICA DEI BULLONI E DEL PIATTO DI UNIONE INFERIORE 187

22.2 VERIFICA DEI BULLONI E DEL PIATTO DI UNIONE SUPERIORE 189

23 PIASTRA DI BASE 192

23.1 MODELLAZIONE NUMERICA NODO DI BASE 194

24 FONDAZIONI 196

24.1 SOLLECITAZIONI SUL SINGOLO PALO 198

24.2 VERIFICHE GEOTECNICHE 199

24.2.1 Compressione 199

24.2.2 Trazione *201*
24.2.3 Verifica per azione orizzontale *203*
24.3 VERIFICHE STRUTTURALI 206
25 CALCOLO DELLE INCIDENZE 210

1 SCOPO DEL LAVORO

Oggetto della presente relazione sono i calcoli e le verifiche strutturali della Piastra di scavalco per il nuovo HUB di Pompei. Tale opera è eseguita nell'ambito dei lavori relativi di inserimento di una nuova Stazione RFI sulla linea Napoli-Salerno (via Nocera Inferiore), che dovrà costituire il principale collegamento ferroviario con il sito archeologico di Pompei. L'opera si integra con gli edifici storici dell'antica Stazione Pompei Scavi, il cui ex fabbricato viaggiatori costituisce l'accesso alla nuova fermata.

Gli interventi si inquadrano nel programma di miglioramento dei collegamenti tra le reti e sono funzionali al potenziamento dell'interscambio in ottica di riduzione dei tempi di viaggio complessivi.
Le priorità di intervento nell'ambito del programma riguardano la realizzazione di un hub di interscambio ferroviario fra la linea RFI Napoli - Salerno (storica) e la linea Circumvesuviana Napoli-Sorrento gestita da EAV, in posizione adiacente agli Scavi Archeologici di Pompei ed il miglioramento dell'accessibilità ai grandi attrattori turistici costituiti dagli Scavi stessi e dal Santuario Mariano presente nel comune vesuviano.
Tenuto contro dell'unicità dei siti archeologici nell'area di Pompei e dei bacini di domanda, l'intervento mirato al miglioramento dell'accessibilità al sito, con la realizzazione di una nuova fermata ferroviaria, unitamente a tutti gli investimenti inerziali previsti nel bacino vesuviano/costiero, crea le condizioni per la messa a sistema dei flussi.
In quest'ottica, la vicinanza fisica tra le due ferrovie si trasforma in opportunità di migliorare l'accessibilità ferroviaria al sito mediante un nuovo nodo di interscambio.
L'intervento consiste nella realizzazione di un nodo di interscambio tra la ferrovia RFI Napoli – Salerno (via Nocera Inferiore) e la linea Napoli – Sorrento gestita da EAV (Ex-Circumvesuviana) in corrispondenza del sito UNESCO di Pompei, in prossimità dell'uscita di Pompei Ovest dell'autostrada A3 Napoli-Salerno e facilmente accessibile anche dalla S.S. 18, costituendo un nodo strategico per l'accessibilità alla rete TPL per i comuni di Pompei, Torre Annunziata e Castellammare di Stabia.
L'idea del nodo intermodale di Pompei nasce nell'ambito del Sistema di Metropolitana Regionale (SMR), approvato con DGR 1282 del 5/04/2002 con l'obiettivo di integrazione e sviluppo della mobilità ferroviaria campana attraverso interventi di carattere infrastrutturale.

Nel 2015 RFI ha redatto un primo studio di fattibilità teso ad individuare i principali interventi da eseguire, con un importo complessivo delle opere da realizzare pari a 33 milioni di euro e tempi di realizzazione di 36 mesi.

In seguito, nell'ambito di incontri specifici coordinati dal Ministeri dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo, presso la Regione Campania con le Amministrazioni locali, lo studio del nodo di interscambio è stato oggetto di approfondimenti in relazione alle esigenze manifestate dai diversi stakeholder.

Pertanto, alla luce dell'esigenza di favorire la connettività dell'HUB con il tessuto urbano circostante è stata sviluppata un'ipotesi progettuale a cura RFI in coerenza con i requisiti di seguito espressi e condivisi con gli stakeholder interessati (Comune di Pompei, Regione Campania - ACaMIR, Ente Autonomo Volturno EAV) nell'ambito dei tavoli tecnici sul tema:

- aumentare l'accessibilità agli scavi mediante il potenziamento infrastrutturale e la realizzazione di una nuova fermata RFI;
- miglioramento dell'accessibilità da/per l'area archeologica;
- intermodalità RFI/EAV.

La struttura è progettata coerentemente con quanto previsto dalla normativa vigente, Norme Tecniche delle Costruzioni 2018.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La progettazione è conforme alle normative vigenti nonché alle istruzioni dell'Ente FF.SS.

NB: L'elenco riportato ha valore indicativo. L'appaltatore è comunque tenuto all'osservanza di tutte le norme, nazionali ed internazionali, applicabile ed in vigore al momento della realizzazione.

1.1 Norme e/o linee guida per la progettazione e costruzione relative all'accessibilità

- Legge 9.1.1989, n° 13. Disposizioni per favorire il superamento e l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici privati.
- D.M. (LL.PP.) 14.6.1989, n° 236. Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visibilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche.
- Legge 5.2.1992, n° 104. Legge quadro per l'assistenza, l'integrazione sociale e i diritti delle persone handicappate.
- D.P.R. 24.7.1996, n° 503. Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici.

1.2 Norme e/o linee guida per la progettazione e costruzione

- UIC (Union Internationale Des Chemins de Fer), Fiche UIC – OR, Sagoma limite cinematica internazionale, Gabarit C1. (da adottare per la rete fondamentale europea, Piano Regolatore Europeo) Parigi, 1990.
- Linee guida - Sagome. Profili minimi degli ostacoli F.S., istruzione S.OC.S./3870, Roma, 1990.
- Linee guida - Prescrizioni per la progettazione di marciapiedi alti nelle stazioni a servizio dei viaggiatori, istruzione R/ST.OC.412/4, ASA RETE, Roma, 1996.
- Linee guida - Sagome e profili minimi degli ostacoli. 23.07.90 – 003870.
- Linee guida - Pensiline; circolare 50 5.2 (1963).
- Linee guida - Gli ambienti per servizi alla clientela - ASA Passeggeri – 1998.
- Linee guida per la progettazione – Progettazione di piccole stazioni e fermate – dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali" del 28/07/2014.

- Linee guida - Metodologia per la riqualificazione dei F.V. - Divisione infrastruttura – novembre 1999 – Direzione Movimento, Terminali Viaggiatori e Merci, Sviluppo e Progettazione stazioni – marzo 2002 .
- Linee guida - Servizi igienici per il pubblico - Divisione infrastruttura - settembre 1999 – Direzione Movimento, Terminali Viaggiatori e Merci – marzo 2002.
- UNI EN 1990 – Aprile 2006: Eurocodice: Criteri generali di progettazione strutturale.
- UNI EN 1991-1-1 – Agosto 2004: Eurocodice 1 – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesi per unità di volume, pesi propri e sovraccarichi variabili.
- UNI EN 1991-1-4 – Luglio 2005: Eurocodice 1. Azioni sulle strutture. Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento.
- UNI EN 206-1-2016 - Calcestruzzo. "Specificazione, prestazione, produzione e conformità";
- UNI EN 1992-1-1 – Novembre 2005: Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-2 – Gennaio 2006: Eurocodice 2. Progettazione delle strutture di calcestruzzo. Parte 2: Ponti di calcestruzzo – Progettazione e dettagli costruttivi.
- UNI-EN 1997-1 – Febbraio 2005: Eurocodice 7. Progettazione geotecnica. Parte 1: Regole generali.
- UNI-EN 1998-1 – Marzo 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici.
- UNI-EN 1998-5 – Gennaio 2005: Eurocodice 8: Progettazione delle strutture per la resistenza sismica. Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici.
- REGOLAMENTO (UE) n° 1300/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta (STI PRM) – Unione Europea.
- REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea (Unione Europea 18.11.2014).
- REGOLAMENTO (UE) N. 1301/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea (Unione Europea 18.11.2014).
- Regolamento (UE) n° 1300/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per l'accessibilità del sistema ferroviario dell'Unione per le persone con disabilità e le persone a mobilità ridotta (STI PRM) – Unione Europea;

- REGOLAMENTO (UE) N. 1299/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «infrastruttura» del sistema ferroviario dell'Unione europea (Unione Europea 18.11.2014)
- REGOLAMENTO (UE) N. 1301/2014 relativo alle specifiche tecniche di interoperabilità per il sottosistema «Energia» del sistema ferroviario dell'Unione europea (Unione Europea 18.11.2014)

1.3 Norme nazionali

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 - "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Circolare M.LL.PP. n. 617 del 21 gennaio 2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale del 17/01/2018".
- Legge 1086/71, Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato.
- Legge 64/74, Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.
- Legge 464/84, Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio geologico della Direzione generale delle miniere del Ministero dell'industria, del commercio e dell'artigianato di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale.
- Legge 46/90, Norme per la sicurezza degli impianti.
- Legge 109/94, La nuova legge quadro in materia di lavori pubblici - Legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modifiche ed integrazioni.
- Legge 415/98, Interpretazione del criterio applicativo dell'articolo 21, comma 1-bis della legge 18 novembre 1998, n. 415.
- Legge. 2 febbraio 1974, n. 64.: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".
- D.M. 11/03/88, Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Legge 10/91, Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale.
- D.P.R. 447 - 06/12/91, Regolamento di attuazione della legge 46/1990, in materia di sicurezza impianti.
- D.M. 20/02/92, Modello di dichiarazione di cui al regolamento di attuazione della legge 46/1990
- D.M. 22/04/92 Formazione degli elenchi dei soggetti abilitati in materia di sicurezza degli impianti.
- D.P.R. 412 - 26/08/93, Regolamento recante norme in attuazione dell'art. 4 della legge 10/1991.

- CIR 13/12/93, Indicazioni interpretative e di chiarimento all'art. 28 della legge 10/1991.
- D.M. 13/12/93 Modelli tipo per la relazione di cui all'art.28 della legge 10/1991.
- CIR 12/04/94 Indicazioni interpretative e di chiarimento all'art. 11 del DPR 412/93.
- D.P.R. 551 - 21/12/99 Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412, in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici, ai fini del contenimento dei consumi di energia.
- D.P.R. 34 - 25/01/00 Regolamento recante istituzione del sistema di qualificazione per gli esecutori di lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 8 della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 145 - 19/04/00 Regolamento recante il Capitolato generale d'appalto dei lavori pubblici, ai sensi dell'articolo 3, comma 5, della legge 11 febbraio 1994, n. 109, e successive modificazioni.
- D.M. 04/08/00 Modificazioni alla tabella relativa alle zone climatiche di appartenenza dei comuni italiani, allegata al regolamento per gli impianti termici degli edifici, emanato con decreto del Presidente della Repubblica 26 agosto 1993, n. 412.
- D.P.R. 380 - 06/06/01 Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia.
- D.Lgs. 301 - 27/12/02 Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 6 giugno 2001, n. 380, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia (Decreto Legislativo 27 dicembre 2002, n. 301 - GU n. 16 del 21-1-03).
- D.M. 16/02/2007 Classificazione di resistenza dei prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- D.Lgs.42 del 22/01/2004 Codice dei beni culturali e del paesaggio.
- Decreto 11 ottobre 2017 - Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.

1.4 Manuali, Specifiche, Istruzioni, prescrizioni, etc. di RFI, attinenti le opere civili di RFI

1.4.1 Opere civili

- Manuale di progettazione delle opere civili – RFI DTC SI MA IFS 001 D, in particolare la sezione 5, prescrizione per i marciapiedi e le pensiline delle stazioni ferroviarie a servizio dei viaggiatori-RFI.DTC.SI.CS.MA.IFS.002.C.
- Procedura Operativa RFI DPR SIGS POTA 13 1 0 "Gestione dei Rifiuti" nella sua revisione corrente.

- Procedura Operativa Direzionale DPR P SE 10 1 1 del 30/11/2015 "Gestione materiali provenienti da tolto d'opera".
- Procedura Operativa Direzionale RFI DCO PD INF 003 "Valorizzazione economica delle interruzioni della circolazione ferroviaria" emessa con Comunicazione Operativa n.231/AD del 03 ottobre 2006.
- Capitolato Generale tecnico di Appalto delle Opere Civili RFI DTC SI SP IFS 001 D.
- Manuale di Progettazione – Prescrizioni tecniche per la Progettazione Esecutiva – RFI DINIC MA OC 00 000 B del 20 settembre 2004.
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari e altre opere minori sottobinario – RFI DTC INC PO SP IFS 001 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione di cavalcaferrovia e passerelle pedonali sulla sede ferroviaria RFI DTC INC PO SP IFS 002 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la verifica a fatica dei ponti ferroviari RFI DTC INC PO SP IFS 003 del 27 dicembre 2011.
- Specifica per la progettazione e l'esecuzione di impalcati ferroviari a travi in ferro a doppio T incorporate nel calcestruzzo RFI DTC INC PO SP IFS 004 del 28 dicembre 2011.
- Specifica per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la posa in opera dei dispositivi di vincolo e dei coprigiunti negli impalcati ferroviari e nei cavalcavia RFI DTC INC PO SP IFS 005 del 28 dicembre 2011.
- 2011/275/UE Specifica Tecnica di Interoperabilità sottosistema "Infrastruttura" del sistema ferroviario transeuropeo convenzionale.
- Istruzione Tecnica n.44/M – DI TC/AR ST PO 002 A del 10 aprile 2000 – "Specifica tecnica relativa al collaudo dei materiali ed alla costruzione delle travate metalliche e miste acciaio-calcestruzzo per ponti ferroviari e cavalcaferrovia".
- Istruzione Tecnica n.44/V – DI TC/AR ST PO 005 A del 01 marzo 2001 – "Cicli di verniciatura per la protezione dalla corrosione di opere metalliche nuove e per la manutenzione di quelle esistenti".
- Procedura RFI DMA PD IFS 002 B del 25 marzo 2009 "Gestione degli attraversamenti e parallelismi dell'infrastruttura ferroviaria con condotte, con cavalcavia o sottovia e con linee elettriche di Telecomunicazione".
- Disposizioni Generali tecniche ed Amministrative (edizione 1957 – aggiornamento 1963) per l'esecuzione e gestione dei lavori di manutenzione dell'armamento approvate dal Ministro dei Trasporti con Decreto n. 5360 del 23 giugno 1965, limitatamente alle disposizioni tecniche ed all'art. 27 delle disposizioni amministrative.

- Specifica per la progettazione geotecnica delle opere civili ferroviarie RFI DTC INC CS SP IFS 001 del 29 novembre 2011.
- Linee guida per il collaudo statico delle opere di ingegneria civile dell'Infrastruttura Ferroviaria RFI DTC SICS PO LG IFS 001 del 27 dicembre 2013.
- Disciplinare degli elementi tecnico progettuali RFI DPR MA IFS 001 B del 1 dicembre 2016.
- Manuale DPR MA 007 1 0 del 8 agosto 2017.
- Manuale DPR MA 008 1 0 del 4 agosto 2017.
- Linea guida "Arredi di stazione – 1^ parte – indicazioni tecnico-funzionali per l'uniformità tipologica" – RFI DPR TES LG IFS 003 B del 23/12/2012.
- Sistema Segnaletico-Revisione 2013 – Istruzioni per la progettazione e la realizzazione della segnaletica a messaggio fisso nelle stazioni ferroviarie e successivi aggiornamenti - Direzione Produzione - DAMCG - Servizi per le stazioni - Progettazione Stazioni 18.12.2013.
- Linea Guida "Progettazione di piccole stazioni e fermate. Dimensionamento e dotazione degli elementi funzionali (aggiornamento)" RFI DPR DAMCG LG SVI 007 B del 28/07/2014.
- Linee guida "Accessibilità nelle stazioni – Elementi per la progettazione" – RFI DPR DAMCG LG SVI 009 B del 23/05/2016.
- Lettera RFI Direzione Produzione "Accessibilità stazioni – ascensori" del 13/07/2016 RFI DPR\A0011\P\2016\0004531.
- RFI DST MA IFS 001 "Abaco degli apparecchi illuminanti" – allegato al disciplinare degli elementi tecnico progettuali - Direzione Stazioni – Ingegneria e Investimenti – Standard Progettazioni (5.11.2019).
- Linea Guida "Illuminazione nelle stazioni e fermate" – RFI DPR DAMCG LG SVI 008 B del 24/07/2017.
- Manuale operativo – sistema segnaletico nelle stazioni ferroviarie – Cap. IV segnaletica a messaggio variabile - Direzione Produzione –19.02.2019 DPR MA 004 1 1.
- Manuale operativo per la realizzazione dei percorsi tattili per disabili visivi nelle stazioni ferroviarie" (RFI DPR DAMCG MA SVI 001 A) - aprile 2019.
- Percorsi tattili per disabili visivi nelle stazioni ferroviarie - Direzione Produzione - DAMCG - Servizi per le stazioni - Progettazione Stazioni - gennaio 2016.
- Documento di Sistema – III Livello – "Messa in servizio dei sottosistemi strutturali": RFI DTC P SE 01 1 2 del 20/12/2017.
- Manuale "Manuale di progettazione per la riqualificazione delle stazioni di media importanza" (1^ Parte – RFI DPR TES MA IFS 001 A del 19/02/2013.

- Distanze minime degli ostacoli fissi – Prescrizione tecnica CIFI.
- Linee Guida per l'installazione di tornelli e la chiusura delle stazioni – RFI PRA LG IFS 002 A (aprile 2017).
- Security biglietterie e freccia club – linea guida e requisiti tecnico funzionali per la realizzazione di un sistema integrato di security nelle biglietterie della DPR, della DPLH e del freccia club (Trenitalia).
- Linee Guida "indicazioni tecnico-funzionali per la progettazione della Sala Blu" RFI.DAMCG.LG SVI 001 C.

1.4.2 Impianti elettrici – Rete di terra e protezione dalle scariche atmosferiche

- CEI EN 50122-1 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 1: Provvedimenti di protezione contro lo Shock elettrico" (2012).
- CEI EN 50122-2 "Applicazioni ferroviarie, tranviarie, filoviarie e metropolitane – Impianti fissi – Sicurezza elettrica, messa a terra e circuito di ritorno Parte 2: Provvedimenti contro gli effetti delle correnti vaganti causate da sistemi di trazione a corrente continua" (2012)
- RFI DTC ST E SP IFS ES 728 B "Sicurezza elettrica e protezione contro le sovratensioni per gli impianti elettrici ferroviari in bassa tensione" (2020).
- RFI DTC ST E SP IFS TE 101 A "Istruzioni per la realizzazione del circuito di terra e di protezione delle linee a 3 kVcc". (2018).
- RFI DPRIM STF IFS TE 111 "Limitatore di tensione statico per gli impianti di terra e di ritorno TE per il sistema di trazione elettrica a 3 kVcc" (2013).
- RFI DMA IM TE SP IFS 001 B "Limitatore di tensione per circuiti di terra di protezione TE per linee a 3 kVcc" (2008).

1.4.3 Impianti speciali – TVCC

- RFI DPA SP 001 0 "RFI SPECIFICHE TECNICHE PER IMPIANTI DI SECURITY" (2019)

1.4.4 Impianti speciali – IaP informazioni al pubblico

- RFI DPR LG SE 02 1 0 "Linee guida per l'attrezzaggio degli impianti IaP nelle stazioni e fermate aperte al servizio viaggiatori" (2016).
- RFI DPR MA 004 1 1 "Sistema segnaletico nelle stazioni ferroviarie cap IV – Segnaletica a messaggio variabile (2019).

- RFI TEC LG IFS 002 A "Linee guida per la realizzazione degli impianti per i sistemi di informazione al pubblico" (2012).

1.4.5 Impianti ascensori e scale mobili

- Impianti traslo elevatori in servizi pubblico DPR MA 007 1 0 (31/07/2017).
- Telegestione degli impianti civili di stazione con piattaforma SEM DPR MA 008 1 1 (20/03/2019).

1.4.6 Linea di Contatto

- Capitolato Tecnico T.E. per la costruzione delle linee aeree di contatto e di alimentazione a 3 kVcc - Ed. 2014 - RFI DTC STS ENE SP IFS TE 210 A.
- Specifica Tecnica - Istruzioni per la realizzazione del circuito di terra e di protezione delle linee a 3 kVcc - Ed. 2018 - RFI DTC ST E SP IFS TE 101 A.
- Disegno E64964b - Ed. 2017 - Sagome di riferimento per il pantografo da 1600 mm.
- Torri faro a corona mobile con altezza 18 m e 25 m - Ed. 2018 - RFI DTC ST E SP IFS LF 600 A.

1.5 Tariffe di RFI

- Elenco Tariffe di RFI anno 2020.
- Tariffa Elenco Nuovi Prezzi (Descrizione voci di prezzo non previste nelle tariffe RFI).

3 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto è finalizzato a realizzare un nodo di interscambio tra la linea Napoli – Salerno convenzionale e la linea Napoli – Sorrento gestita da EAV mediante i seguenti interventi di tipo infrastrutturale:

- Inserimento nuova fermata in linea di RFI, costituita da due marciapiedi laterali, di lunghezza pari a 250 m, e da un Fabbricato Viaggiatori a "ponte" con funzione di collegamento tra i due marciapiedi ferroviari, che ricomprende a piano campagna il riutilizzo dei fabbricati della ex fermata Pompei Scavi, costruiti prima del 1840.

- Percorso pedonale di interscambio tra la nuova fermata RFI e la fermata esistente EAV Villa dei Misteri attraverso una passerella pedonale che, partendo dalla quota della piastra della fermata RFI, condurrà, scendendo con una pendenza del 7%, al livello dell'asse pedonale dell'ex fermata borbonica - recuperato e ripavimentato - per raccordarsi infine con l'area pedonale dove si innesta via di Villa dei Misteri, da cui si accede alla fermata dell'EAV, e dove si apre l'ingresso di Piazza Esedra al sito archeologico degli scavi di Pompei.
  Il percorso pedonale fino a via Plinio è inserito all'interno di un nuovo Parco Urbano, compreso tra il cavalcaferrovia di via Masseria Curato e la passerella pedonale.
- Nuovo parcheggio auto lato binario pari della nuova fermata RFI, accessibile dalla viabilità pubblica e collegato alla fermata.
- Nuova viabilità di accesso alla fermata e riorganizzazione della viabilità locale dell'area di intervento, con la pedonalizzazione di un tratto di via Plinio, dall'incrocio con viale Mazzini fino a quello con via Masseria Curato, e la realizzazione di un nuovo cavalcaferrovia di collegamento tra via Stabiana e via Mazzini.

3.1 NUOVA FERMATA FERROVIARIA

3.1.1 Scelte di progetto

La nuova Fermata RFI si colloca in prossimità dell'ingresso al sito archeologico di Pompei di piazza Esedra. La posizione è data dagli edifici storici dell'antica Fermata Pompei Scavi, in disuso dal 1960, di costruzione borbonica (1840). Tali edifici, l'ex Fabbricato Viaggiatori e l'ex fabbricato servizi igienici, saranno recuperati e formeranno parte della Fermata.

In particolare l'ex Fabbricato Viaggiatori costituirà l'atrio del nuovo Hub, dal quale, attraverso una scala e un ascensore si potrà accedere al piano superiore, dove una piastra sopraelevata sui binari costituirà il collegamento tra i due marciapiedi ferroviari.

La piastra, posizionata a quota +8.98, è la struttura dell'elemento a pianta rettangolare di 20x30 m, con dimensione maggiore in direzione trasversale ai binari. Quest'ultimo è caratterizzato da un giardino pensile circondato da un colonnato che sorregge le quattro falde spioventi verso l'interno, una sorta di peristilio contemporaneo ispirato all'architettura della domus pompeiana.

All'interno della struttura sarà possibile ospitare info point, desk informativi e teche espositive che orientino i visitatori e li introducano alla visita degli scavi e della città di Pompei.

Il sovrappasso, realizzato in acciaio per minimizzare l'impatto sull'esercizio in fase costruttiva, è pensato come una struttura aperta sul paesaggio, chiuso solo parzialmente da pareti e parapetti vetrati, per assolvere anche alla funzione di punto panoramico di visuale sugli scavi.

Il collegamento con gli Scavi e con la vicina Fermata EAV di villa dei Misteri (385 m) sarà garantito da una rampa che dalla piastra scende lungo il Parco Urbano verso l'area pedonale di via Plinio e da lì verso via Villa dei Misteri, resa pedonale e ripavimentata nel tratto compreso tra via Plinio e la fermata EAV.

A sud del nuovo Hub sarà realizzato un parcheggio d'interscambio con 146 posti auto, inclusi 3 stalli per disabili, con accesso pedonale diretto alle banchine e ingresso carrabile su via Masseria Curato.

Lungo il primo marciapiede della fermata, si dispone un'area pedonale con parco lineare che costeggia la banchina per tutto il suo sviluppo.

Figura 1: Sezione della piastra di collegamento

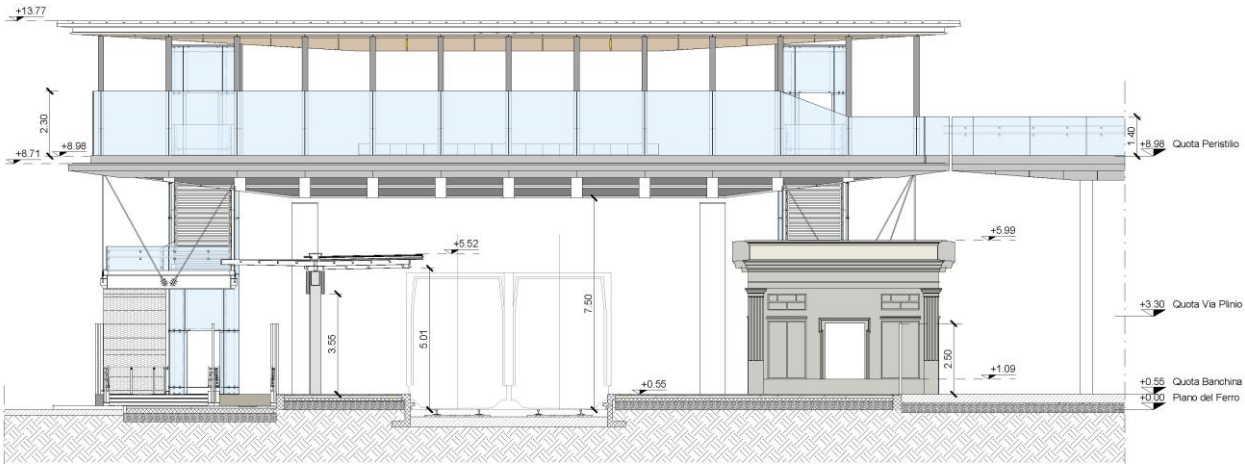


Figura 2: Prospetto est della piastra di collegamento

Figura 3: Gli alberi da frutto dipinti in una villa di Pompei

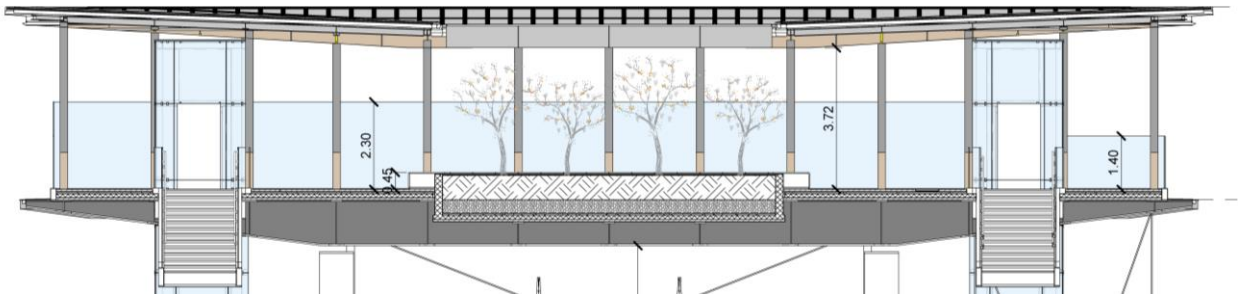


Figura 4: Dettaglio sezione trasversale

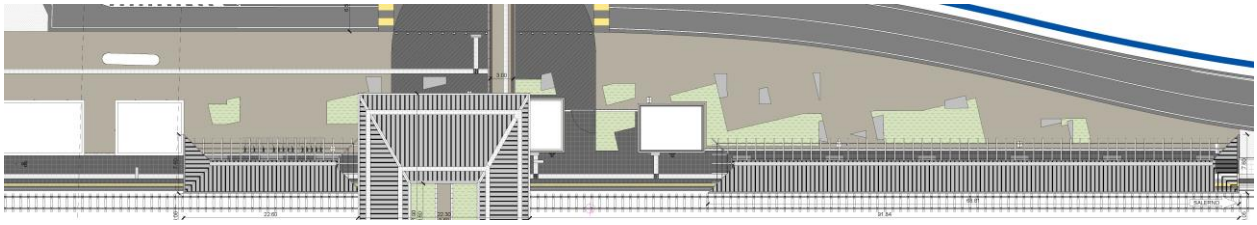


Figura 5: Parco lineare

La passerella pedonale in acciaio è sorretta da colonne ϕ457 spessore 20 poste ad interasse 11 m, tranne la prima campata che è larga 12 m, collegate da una trave centrale costituita da 2 HEB400 accoppiate. Gli sbalzi sono realizzati da profilati in acciaio con passo 2 m a sezione variabile.

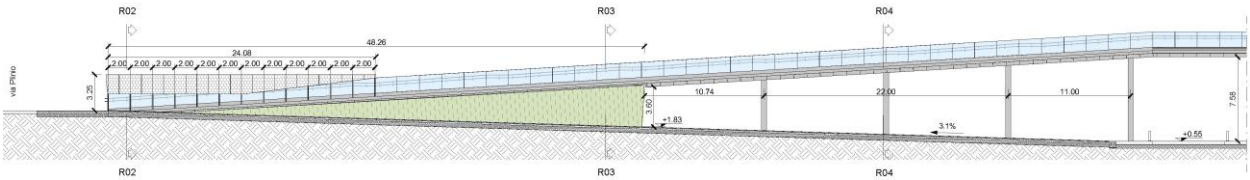


Figura 6 Passerella pedonale

3.1.2 I fabbricati storici della Fermata Pompei Scavi

La ex fermata Pompei Scavi fu realizzata nella prima metà del XIX secolo sulla linea Napoli-Nocera Inferiore, la prima ferrovia costruita in Italia, voluta dal re Ferdinando II di Borbone e realizzata tra il 1836 e il 1844 su progetto di Armand Bayard de la Vingtrie.

La fermata venne posizionata nelle vicinanze degli scavi archeologici di Pompei ed era costituita da un piccolo Fabbricato Viaggiatori a un piano, con atrio, biglietteria e sale d'attesa. La fermata era collegata alla viabilità pubblica da un viale che terminava in una piccola piazza a esedra prospiciente il Fabbricato Viaggiatori.

Il prospetto lato binari del Fabbricato Viaggiatori era decorato in stucco con stile neoclassico, arricchito da frontone triangolare, paraste doriche e bugnato liscio.

Nel 1906 alla stazione fu aggiunto un fabbricato «cessi», sempre ad un solo piano, ma privo della caratterizzazione architettonica delle facciate del Fabbricato Viaggiatori.

La stazione fu dismessa negli anni sessanta del Novecento e venduta a privati. Attualmente è inglobata all'interno della struttura di un ristorante ed il Fabbricato Viaggiatori risulta adibito a cucina.

Al fine di consentire la realizzazione del primo marciapiede ferroviario secondo gli attuali standard dimensionali minimi, verranno traslati i fabbricati storici, con il primario obiettivo del massimo recupero possibile delle preesistenze.

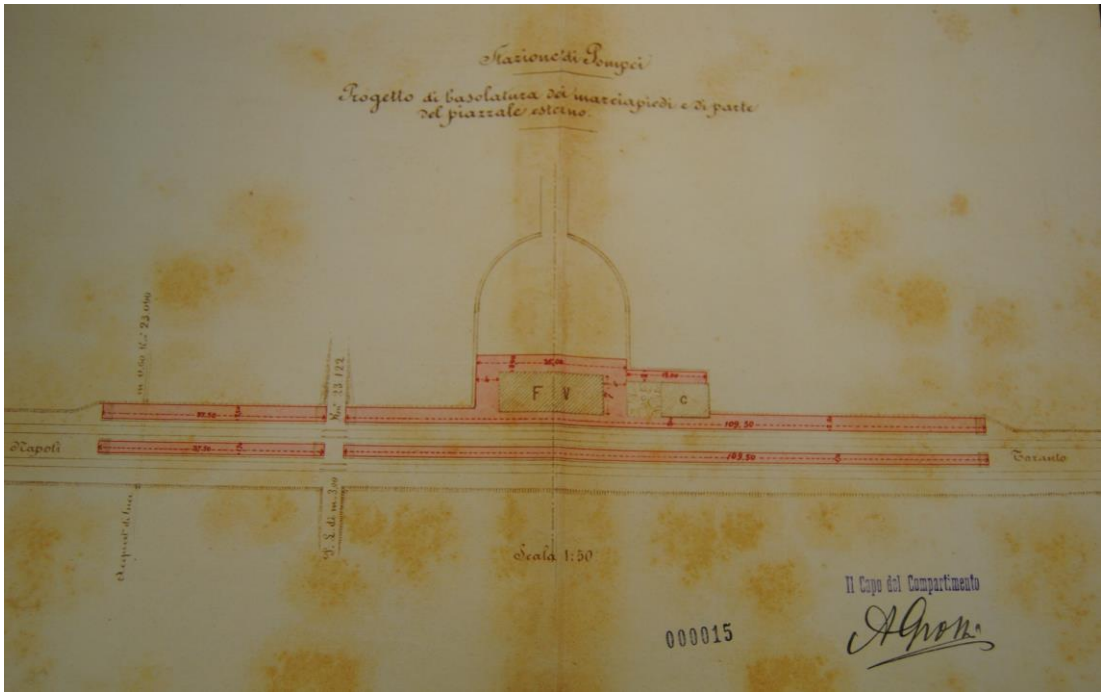


Figura 7: planimetria del progetto di basolatura del piazzale e dei marciapiedi della Ex fermata di Pompei scavi - fonte archivio storico FS

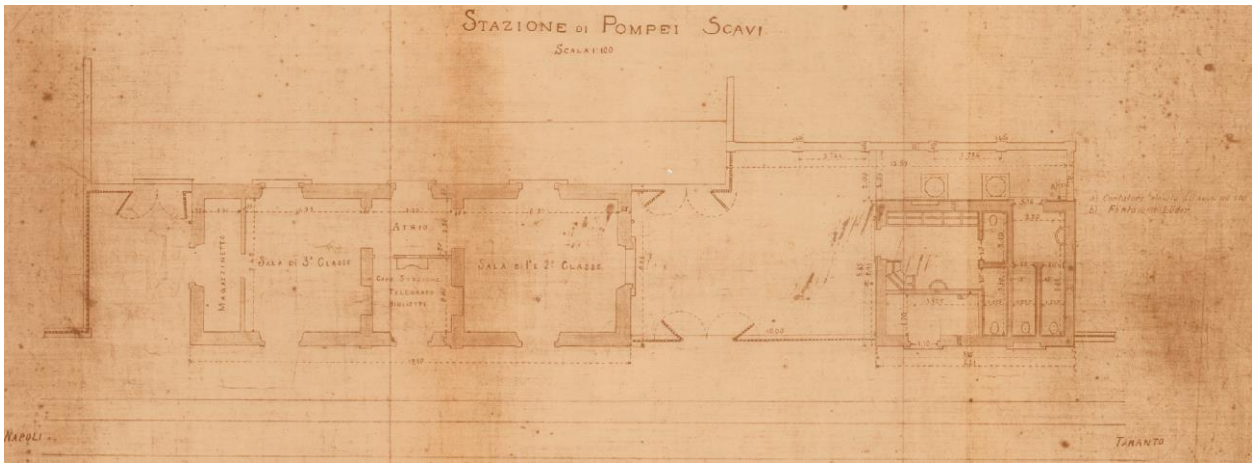


Figura 8: planimetria dei fabbricati della Ex fermata di Pompei scavi - fonte archivio storico FS

Le foto sotto riportate mostrano lo stato attuale dell'antico Fabbricato Viaggiatori e l'annesso locale bagni, caratterizzato da estesi fenomeni di degrado e manomissioni dovute all'attuale destinazione d'uso. La 15 mostra il prospetto lato binari del Fabbricato Viaggiatori, nella Figura 10 il dettaglio del timpano con la scritta originale "Pompei Scavi" ed il fabbricato che accoglieva i bagni. La Figura 11 mostra come i due fabbricati storici siano oggi stretti fra costruzioni sorte caoticamente intorno agli edifici.

Figura 9: Stato di fatto fabbricati dell'antica Fermata Pompei Scavi – prospetto lato binari

Figura 10: Stato di fatto fabbricati dell'antica Fermata Pompei Scavi – dettaglio del timpano del Fabbricato viaggiatori e del prospetto lato binari del locale bagni

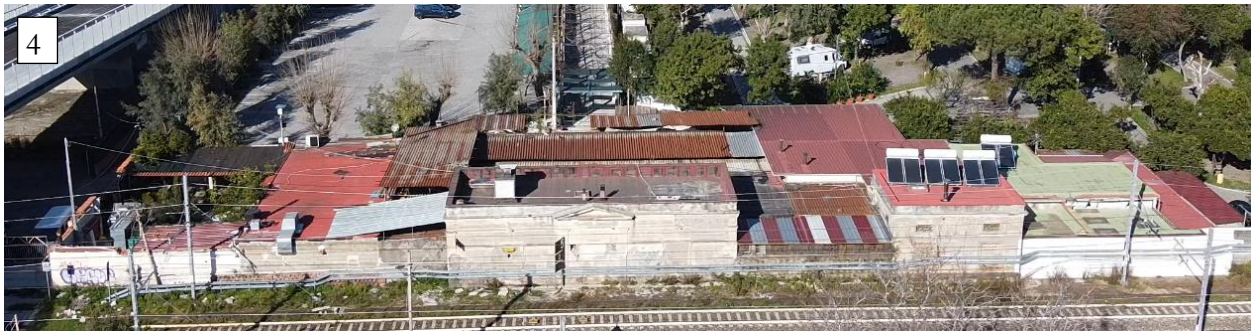


Figura 11: Stato di fatto fabbricati dell'antica Fermata Pompei Scavi – Vista dall'alto dei fabbricati storici circondati da strutture di nuova costruzione

3.1.3 Dotazioni funzionali

La fermata è dotata di banchine di 250 m di lunghezza per entrambi i marciapiedi. L'accesso alle banchine lato Parcheggio avviene tramite 2 rampe con pendenza 8%, mentre a nord può avvenire direttamente da quota strada, tramite la passerella pedonale con pendenza 7% che da via Plinio porta direttamente alla piastra di scambio o in alternativa alla passerella pedonale si può percorrere il Parco Urbano avente una pendenza del 3% verso la Fermata. È possibile fare il cambio di banchina tramite due ascensori e due scale, protetti dalla piastra, posti simmetricamente rispetto all'asse del ferro. I fabbricati borbonici recuperati e la nuova piastra di collegamento sono attrezzati con i servizi essenziali ai viaggiatori. Le pensiline, di lunghezza pari a circa 90 m per quella nord e 115 m per quella sud, sono composte da una struttura in acciaio e sono coperte lato binari e scoperte sui lati esterni, lasciando la struttura a vista evocando un pergolato.

3.1.4 Pensiline

Le pensiline a copertura dei marciapiedi ferroviari sono in acciaio, con pannelli di copertura lato binari, mentre le falde lato parco lineare e lato parcheggio sono aperte a formare un pergolato. Insieme alla piastra di collegamento coprono le banchine per una lunghezza di circa 135m. i pilastri di sostegno delle pensiline hanno un passo di 12 m e sono composti da due profilati metallici HEB-360 accoppiati fra loro. Una trave scatolare in acciaio di dimensioni 30x50 cm posta centralmente collega i pilastri. Al di sopra della trave scatolare corre la canalina di smaltimento delle acque. Ancora più in alto si diramano profili scatolari di altezza 18 cm che, con gli arcarecci, formano l'ossatura della pensilina.

Figura 12: Pianta pensiline di banchina

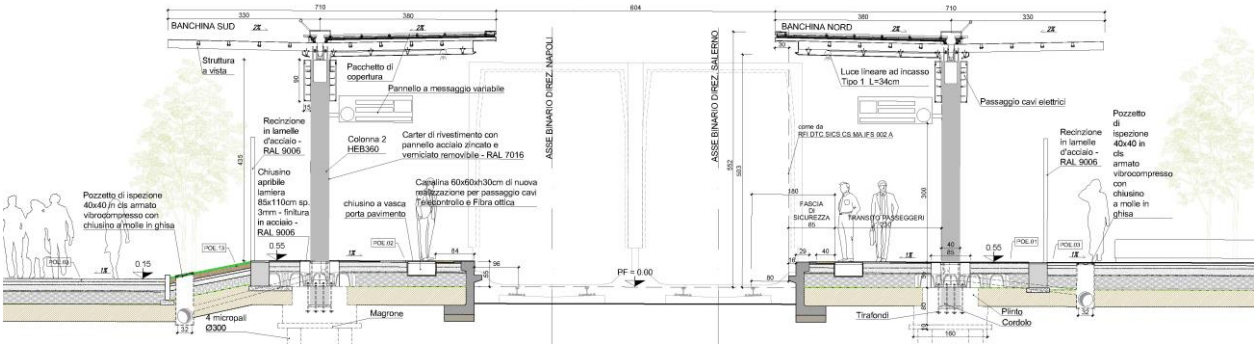


Figura 13: Sezione tipologica pensilina di banchina

4 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Si assumono i seguenti parametri geotecnici dei terreni di fondazione:

strato		z	peso specifico	peso specifico saturo	angolo di attrito	coesione
[-]		[m]	γ [kN/m3]	γsat [kN/m3]	ϕ [°]	c' [kN/m2]
1	Riporto e terreno vegetale	0 – 2.80	13	13	22	0
2	Limo e pomici	2.80 - 7.00	14	14	25	0
3	Sabbia	7.00 – 21.80	16	16	33	0
4	Sabbia	21.80 – 30.00	16	16	36	0

La falda si trova a profondità 4.20m dal p.c..

5 MATERIALI

Di seguito si riportano le caratteristiche dei materiali impiegati con le classi di esposizione coerenti con la UNI EN 206.

5.1 CALCESTRUZZO

5.1.1 Getti in opera e pali di fondazione

Si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 30/37 ($R_{ck} \geq 37$ N/mm^2) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

  $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 30.71$ N/mm^2
- Resistenza media a compressione

  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71$ N/mm^2
- Modulo elastico

  $E_{cm}=22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019$ N/mm^2
- Resistenza di calcolo a compressione

  $f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck}/\gamma_c = 0.85* f_{ck}/1.5= 17.40$ N/mm^2
- Resistenza a trazione media

  $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.94$ N/mm^2
- Resistenza a trazione

$f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.06$ N/mm^2

- Resistenza a trazione di calcolo

  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37$ N/mm^2

- Resistenza a compressione (comb. Rara)

  $\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 16.89$ N/mm^2

- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

  $\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 12.28$ N/mm^2

5.1.2 Plinti di fondazione

Si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 25/30 ($R_{ck} \geq 30$ N/mm^2) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

  $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 24.9$ N/mm^2

- Resistenza media a compressione

  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.9$ N/mm^2

- Modulo elastico

  $E_{cm}=22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447$ N/mm^2

- Resistenza di calcolo a compressione

  $f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck}/\gamma_c = 0.85* f_{ck}/1.5= 14.11$ N/mm^2

- Resistenza a trazione media

  $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 2.56$ N/mm^2

- Resistenza a trazione

  $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 1.79$ N/mm^2

- Resistenza a trazione di calcolo

  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19$ N/mm^2

- Resistenza a compressione (comb. Rara)

  $\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 14.94$ N/mm^2

- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

  $\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 11.21$ N/mm^2

5.1.3 Predalles

Si prevede l'utilizzo di calcestruzzo avente classe di resistenza 45/55 ($R_{ck} \geq 55$ N/mm^2) che presenta le seguenti caratteristiche:

- Resistenza caratteristica a compressione (cilindrica)

  $f_{ck} = 0.83 \times R_{ck} = 45.65$ N/mm^2
- Resistenza media a compressione

  $f_{cm} = f_{ck} + 8 = 53.65$ N/mm^2
- Modulo elastico

  $E_{cm}=22000 \times (f_{cm}/10)^{0.3} = 36416$ N/mm^2
- Resistenza di calcolo a compressione

  $f_{cd} = a_{cc} \times f_{ck}/\gamma_c = 0.85^* f_{ck}/1.5= 25.87$ N/mm^2
- Resistenza a trazione media

  $f_{ctm} = 0.30 \times f_{ck}^{2/3} = 3.83$ N/mm^2
- Resistenza a trazione

  $f_{ctk} = 0.7 \times f_{ctm} = 2.68$ N/mm^2
- Resistenza a trazione di calcolo

  $f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.79$ N/mm^2
- Resistenza a compressione (comb. Rara)

  $\sigma_c = 0.55 \times f_{ck} = 25.11$ N/mm^2
- Resistenza a compressione (comb. Quasi permanente)

  $\sigma_c = 0.40 \times f_{ck} = 18.26$ N/mm^2

Classe di esposizione	XC3
Classe minima di consistenza	S5
Rapporto A/C	≤ 0.45
Cemento CEMIV	32.5R – 42.5R
Dosaggio minimo cemento	420 kg/mc
Diametro massimo inerti	20 mm

5.2 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

- Tipo B450 (controllato in stabilimento)
- f_{yk} = 450 MPa Tensione caratteristica di snervamento
- $f_{yd} = f_{yk} / 1.15$ = 391.30 MPa Resistenza di calcolo
- $\sigma_s = 0.75\ f_{yk}$ = 337.50 MPa Tensione limite in condizione di esercizio (comb. Rara)
- E_s = 210000 MPa Modulo elastico

5.3 ACCIAIO DA CARPENTERIA METALLICA

Profilati: S 355

- Modulo di elasticità Ea=210000 MPa
- Tensione di snervamento caratteristica fyk ≥ 355 MPa
- Tensione di snervamento rottura fyt ≥ 510 MPa
- Tensione di snervamento di progetto fyd ≥ 338 Mpa

5.4 BULLONI

Bulloni di Classe 8.8

- Tensione di snervamento caratteristica fyb ≥ 640 MPa
- Tensione di snervamento rottura fub ≥ 800 MPa

6 ANALISI DEI CARICHI

A seguire si riportano le condizioni di carico che verranno spiegate nel dettaglio nel presente capitolo.

TABLE: Load Pattern Definitions	
LoadPat	**DesignType**
Text	Text
G1	Dead
G2	Dead
Qk1_C2 affollamento	Live
Qk1_H manutenzione	Live
Qk1_ pressione aerod	Live
Qk2_ pressione aerod	Live
Qk3_vento	Wind
Qk4_ neve	Snow
ΔT	Temperature
Ex	Response Spectrum
Ey	Response Spectrum
Ez	Response Spectrum

6.1 Pesi propri G1-G2

I pesi propri strutturali sono calcolati in automatico dal programma di calcolo strutturale sulla base delle caratteristiche dei materiali utilizzati.

I pesi propri portati G2 sono elencati a seguire:

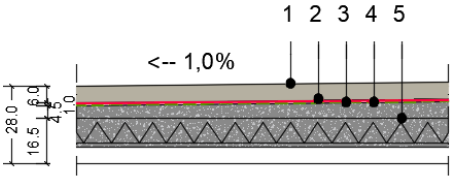
Pacchetto soletta	**sp**	**γ**	**q**
	m	**kN/m3**	**kN/m2**
Predalles	0.06	25	1.5
Soletta	0.105	25	2.625
Tot. soletta			**4.125**

Finiture	**sp**	**γ**	**q**
	m	**kN/m3**	**kN/m2**
Massetto	0.04	20	0.8
Guaina + TNT	0.01	-	0.085
Impianti	-	-	0.5
Pavimentazione	0.06	25	1.5
Tot. finiture			**2.90**

Eventuali tramezzature interne	**sp**	**γ**	**q**
	m	**kN/m3**	**kN/m2**
	-	-	**2.0**

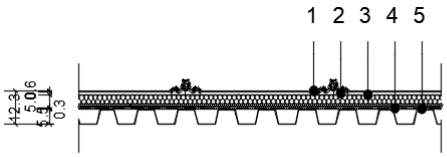
Vasca di terra	**sp**	**γ**	**q**
	m	**kN/m3**	**kN/m2**
Vasca di terra (h = 110 cm)	1.1	18	19.8

Pacchetto di copertura	**sp**	**γ**	**q**
	m	**kN/m3**	**kN/m2**
Lastra in alluminio + staffe + profili omega + isolante	-	-	0.25
Manto impermeabile + guaina			0.10
Lamiera grecata 55/600 (sp. 1mm)	-	-	0.15
Controsoffitto (Pannello composito + sottostruttura in acciaio)			0.80
Tot. copertura			**1.3**



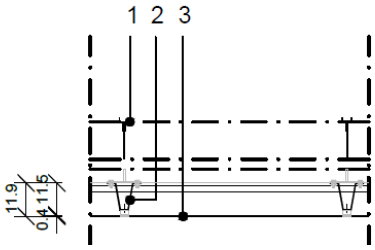
Numero Strato	Descrizione Materiale	Spessore [cm]
1	Pavimento esterno non drenante in Levocell con inerti a vista. Colore RAL 7032.	6.0
2	Manto impermeabile con doppia guaina bituminosa elastoplastomerica.	1.0
3	Strato di membrana geotessile drenante (TNT) da 300 g/m^2.	
4	Massetto delle pendenze in calcestruzzo alleggerito in argilla espansa o perlite.	min 8.0
5	Solaio prefabbricato con predalles tralicciata e getto in cls Rck 30 N/mm^2(C25/30) con rete elettrosaldata Ø 8 mm e di maglie 20x20 cm con sormonto di una maglia (non è prevista saldatura dei fogli).	16.5

Figura 14: Dettaglio pacchetto piano calpestio



Numero Strato	Descrizione Materiale	Spessore [cm]
1	Lastra 55cm in alluminio preverniciato con particelle di zinco a ossidazione naturale tipo "Riverclack zinc pro weathered". Assimilabile, nell'effetto finale, a RAL 7015.	0.6
2	Staffa in resina acetalica.	-
3	Profili Omega sp.1.5mm con strato di isolamento termico in lana di roccia.	5.0
4	Manto impermeabile con guaina in polietilene.	0.3
5	Lamiera grecata TIPO A55/P600 sp. 1mm posta in opera con pendenza minima dell 1% per deflusso acque meteoriche.	5.5

Figura 15: Dettaglio pacchetto copertura



Numero Strato	Descrizione Materiale	Spessore [cm]
1	Pendini rigidi in acciaio inox filettati per permettere la regolazione della quota del controsoffitto inclinato.	var.
2	Sottostruttura in profilo omega 30x90x30 mm. bullonato alla base dei pendini.	11.5
3	Pannello composito tipo "Alucobond". Dimensioni nominali 550x3000. Colorazione RAL 8008 tipo bronzo.	0.4

Figura 16: Dettaglio controsoffitto

Inoltre si considera il peso del parapetto vetrato di altezza massima 2.55 m, posto sul perimetro della piastra. Si considera un peso specifico di 25 kN/m^3 e uno spessore di 2.5 cm.

I carichi sopra citati sono stati applicati su dei pannelli di tamponamento fittizi, in grado di ripartire i carichi sulle travi, valutanto i due possibili casi di presenza o assenza del terreno all'interno delle vasche, come mostrato a seguire:

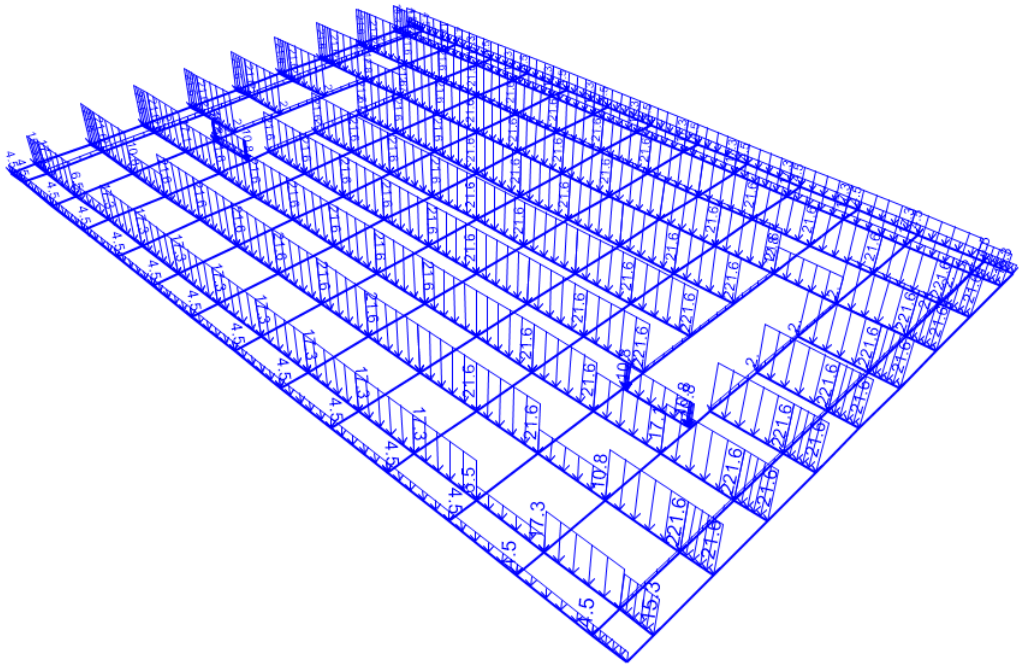


Figura 17: Applicazione dei pesi propri portati - soletta in c.a. + finitura

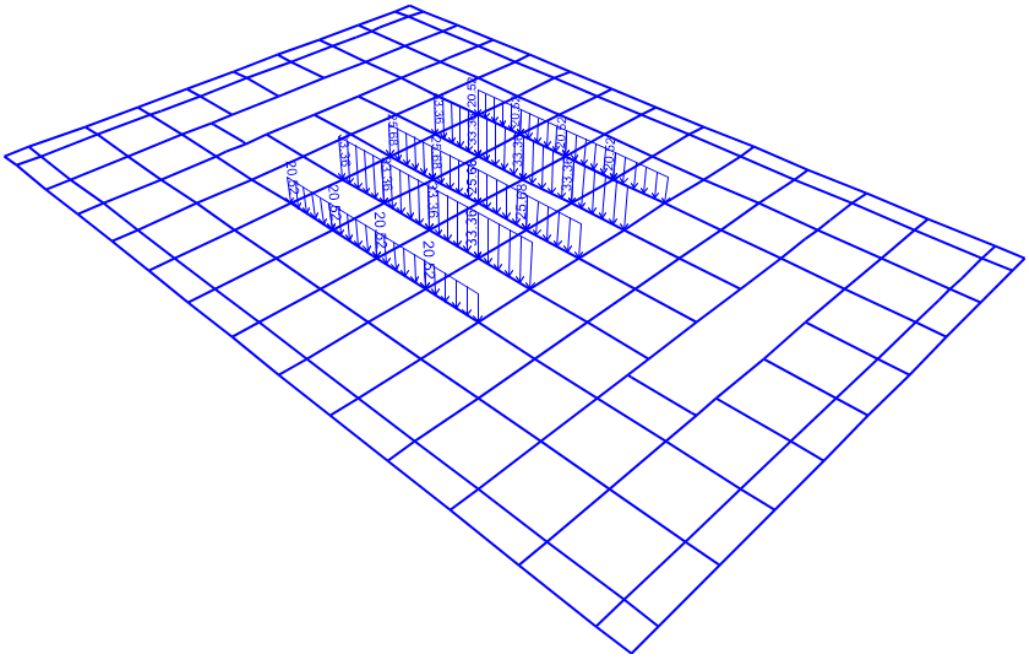


Figura 18: Applicazione dei pesi propri portati – terreno vasche

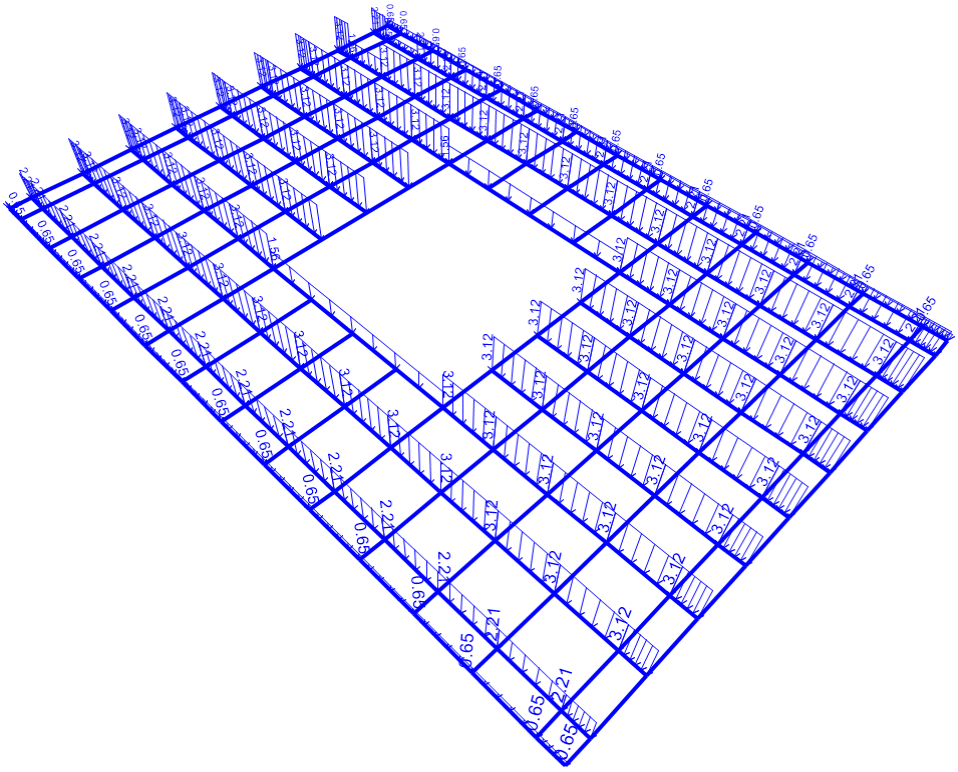


Figura 19: Applicazione dei pesi propri portati in copertura

6.2 Carichi variabili Qk1

Si considerano i seguenti carichi variabili:

PIASTRA	***kN/m²***
Ambienti privi di ostacoli per il libero movimento delle persone (Cat. C3; Tab.3.1.II):	5.00
COPERTURA e PERCORSO PERIMETRALE ESTERNO PIASTRA	***kN/m²***
Copertura non praticabile, accessibile per sola manutenzione (Cat. H1; Tab.3.1.II):	0.50

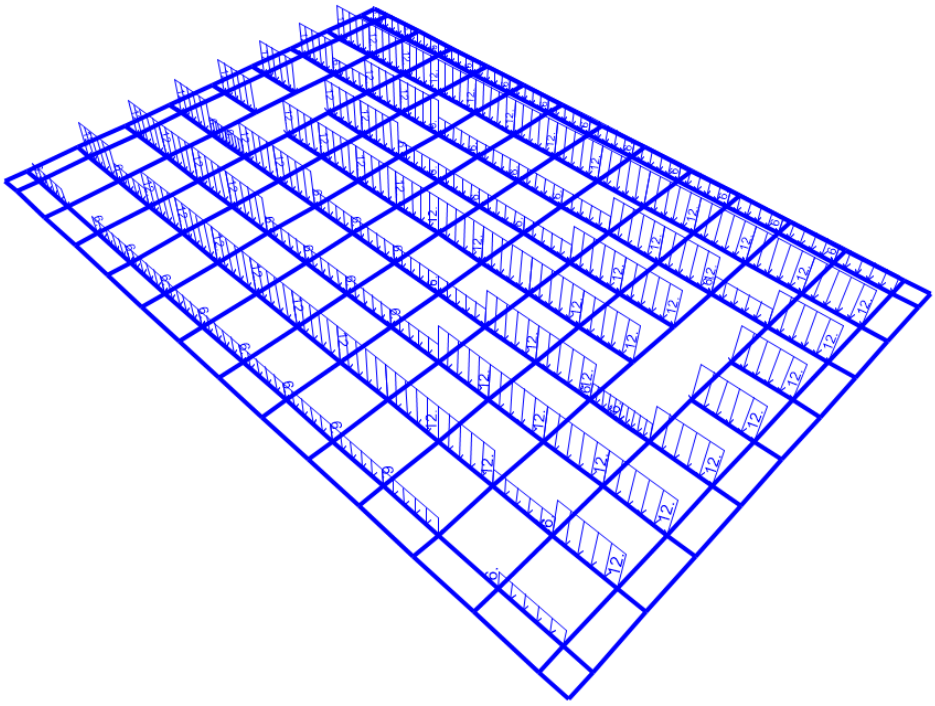


Figura 20: Applicazione dei carichi variabili Qk1_C3 – totale

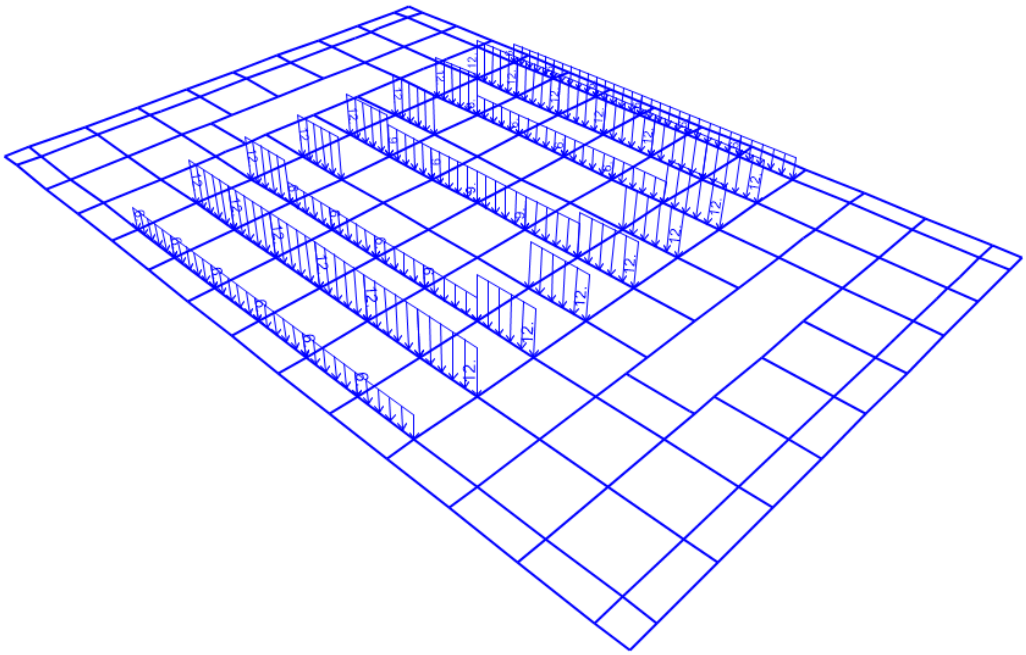


Figura 21: Applicazione dei carichi variabili Qk1_C3 - centrale

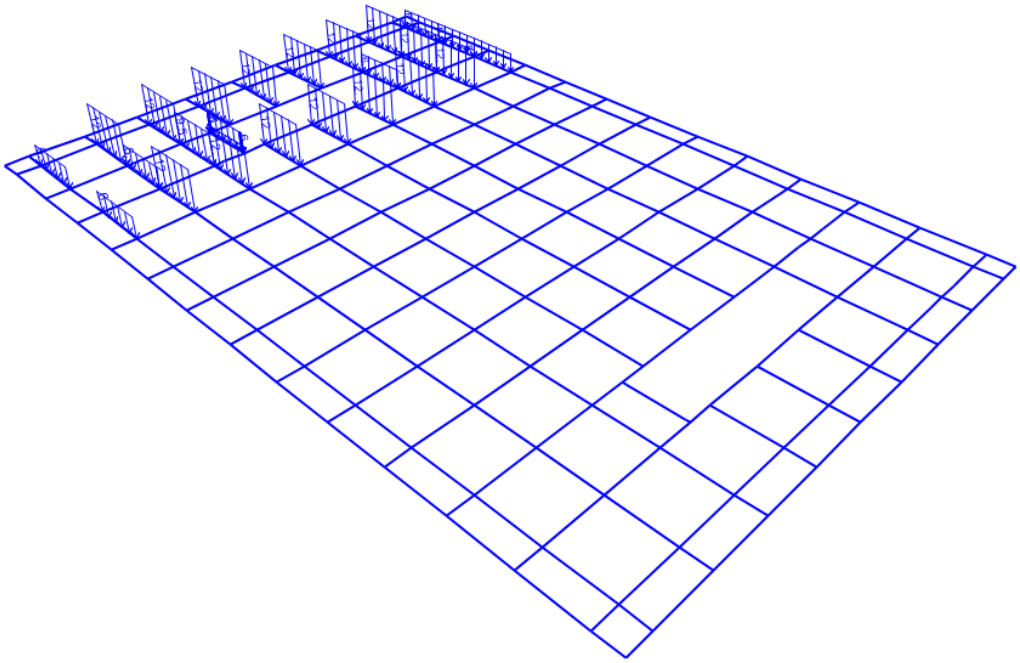


Figura 22: Applicazione dei carichi variabili Qk1_C3 – uno sbalzo

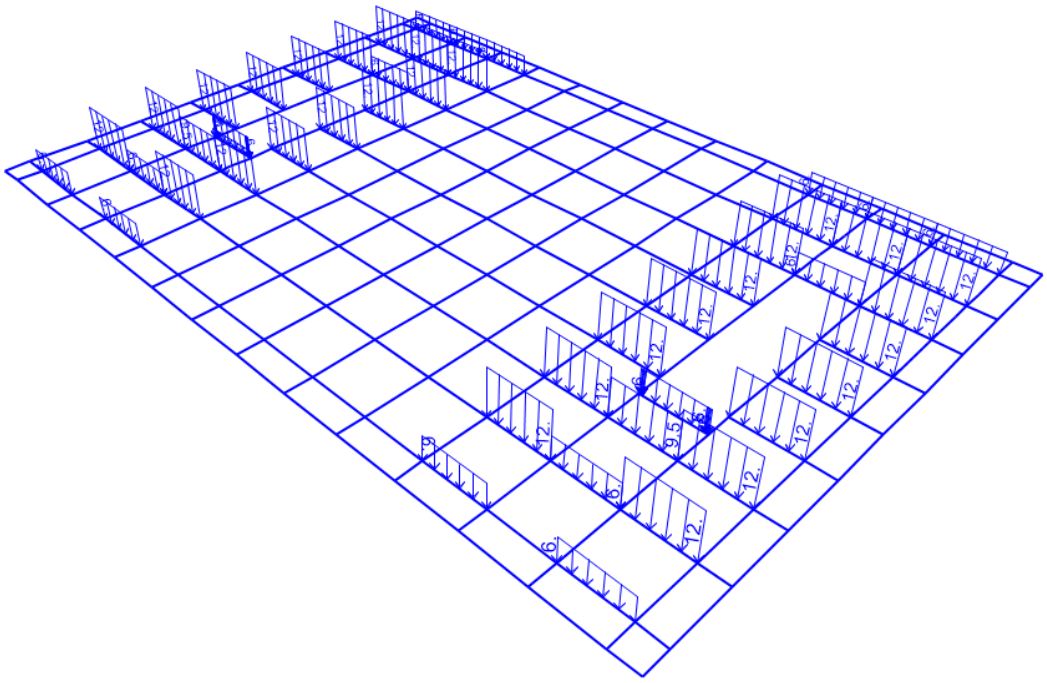


Figura 23: Applicazione dei carichi variabili Qk1_C3 – 2 sbalzi

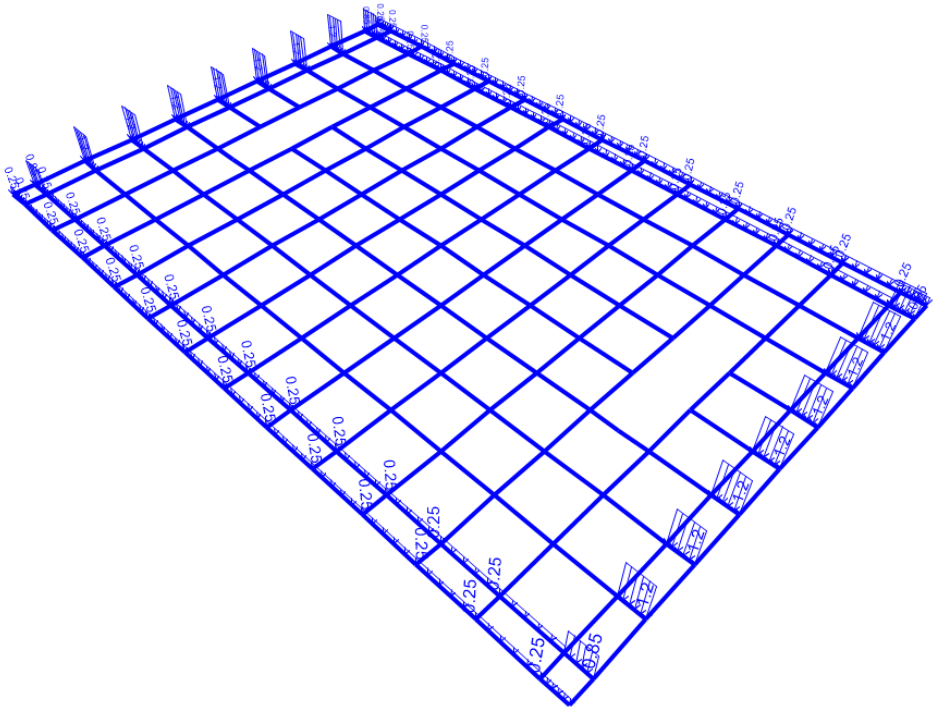


Figura 24: Applicazione dei carichi variabili Qk1_H – grigliato inferiore

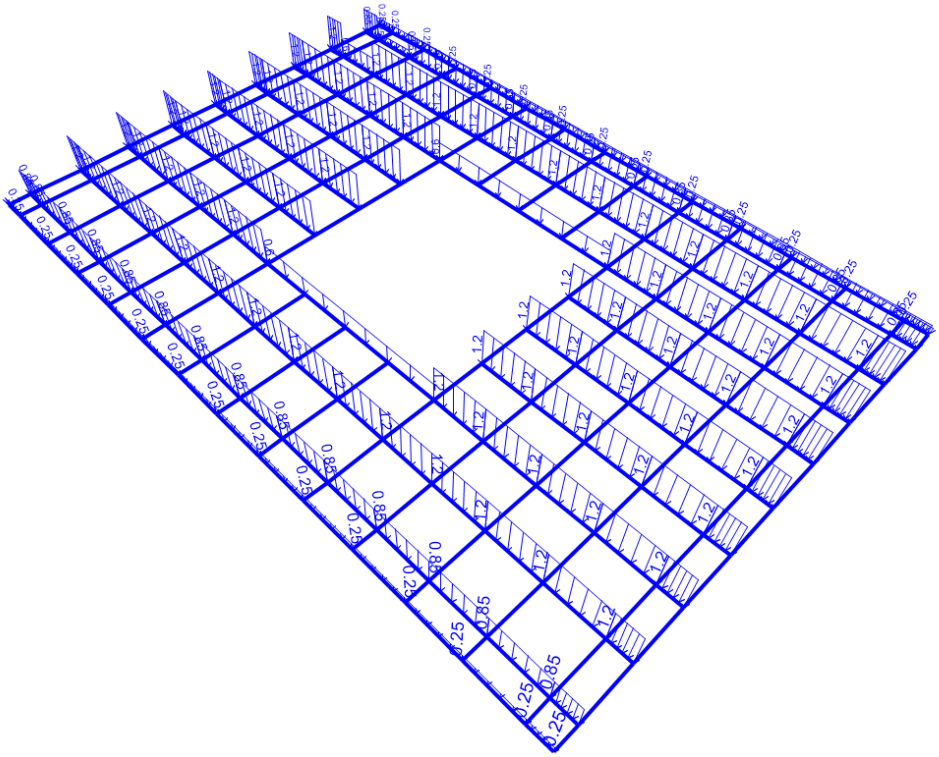


Figura 25: Applicazione dei carichi variabili Qk1_H - copertura

6.3 Pressione aerodinamica dovuta al passaggio dei treni

6.3.1 Pressione su superfici orizzontali al di sopra del binario Qk2

I valori caratteristici dell'azione $\pm q_{2k}$ relativi a superfici orizzontali al di sopra del binario sono forniti al §5.2.2.6.2 del DM18.

La larghezza di applicazione del carico per gli elementi strutturali da considerare si estende sino a 10m da ciascun lato a partire dalla mezzeria del binario.

Per convogli transitanti in due direzioni opposte, le azioni saranno sommate.

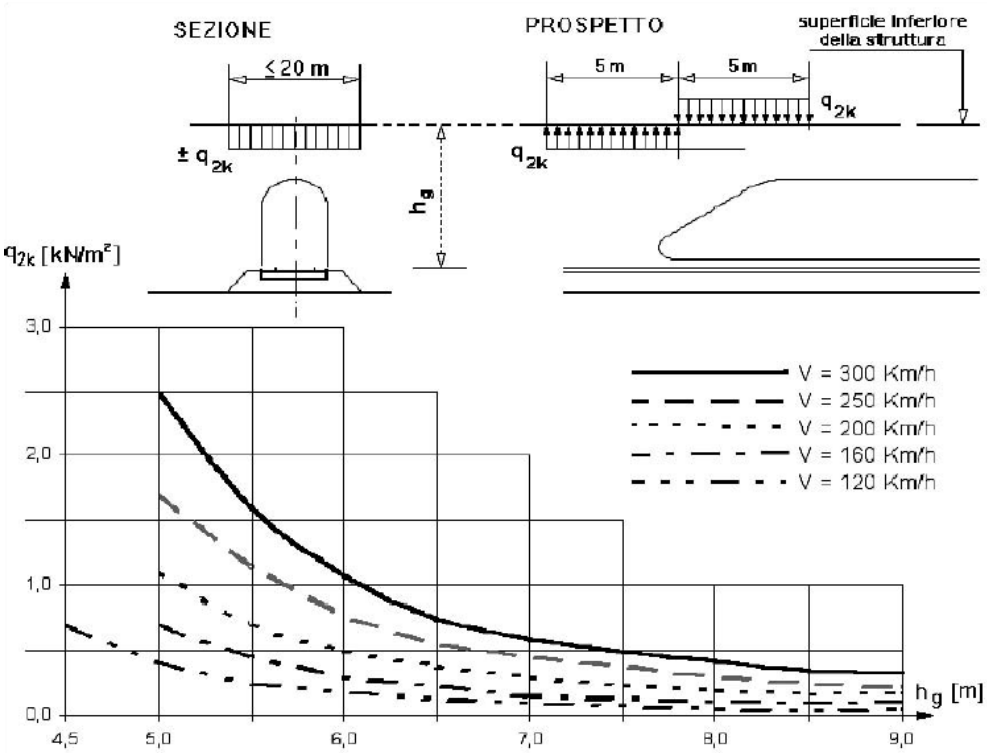


Figura 6.26: Valori caratteristici delle azioni q2k per superfici orizzontali al di sopra del binario

Si considera un fattore di riduzione k_1=0.85 relativo a convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata.

Si assume una velocità massima di esercizio v_{max}=150 km/h e una distanza hg=6.78m

q_{2max}=0.08 x 2(binari)=0.16 kN/m^2

Si applica il valore della pressione considerando il passaggio contemporaneo di due convogli.

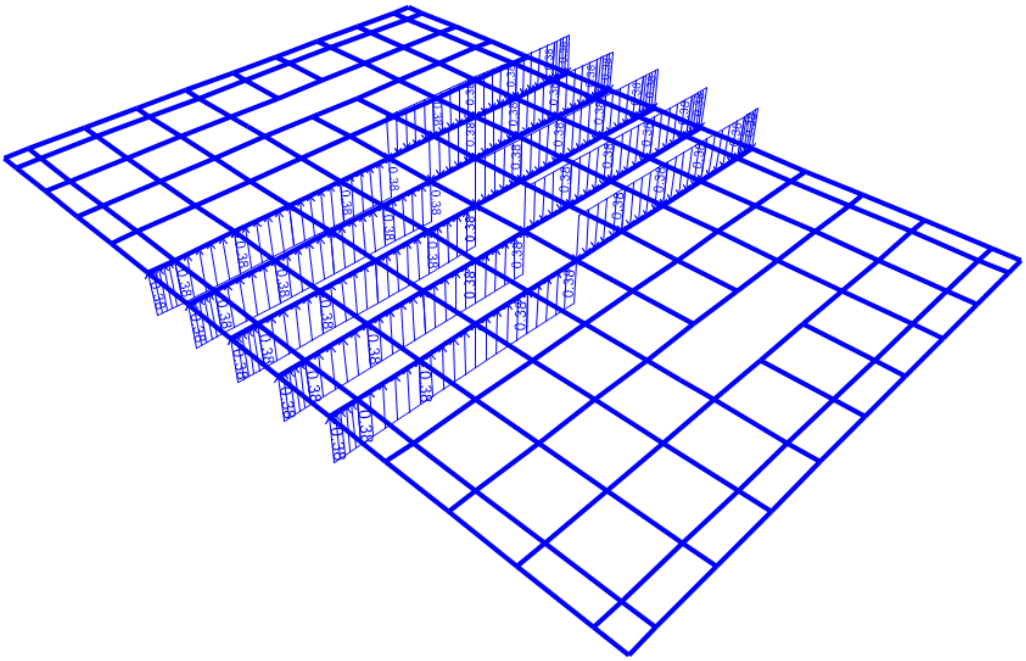


Figura 27: Applicazione dei carichi variabili Qk2 – caso 1

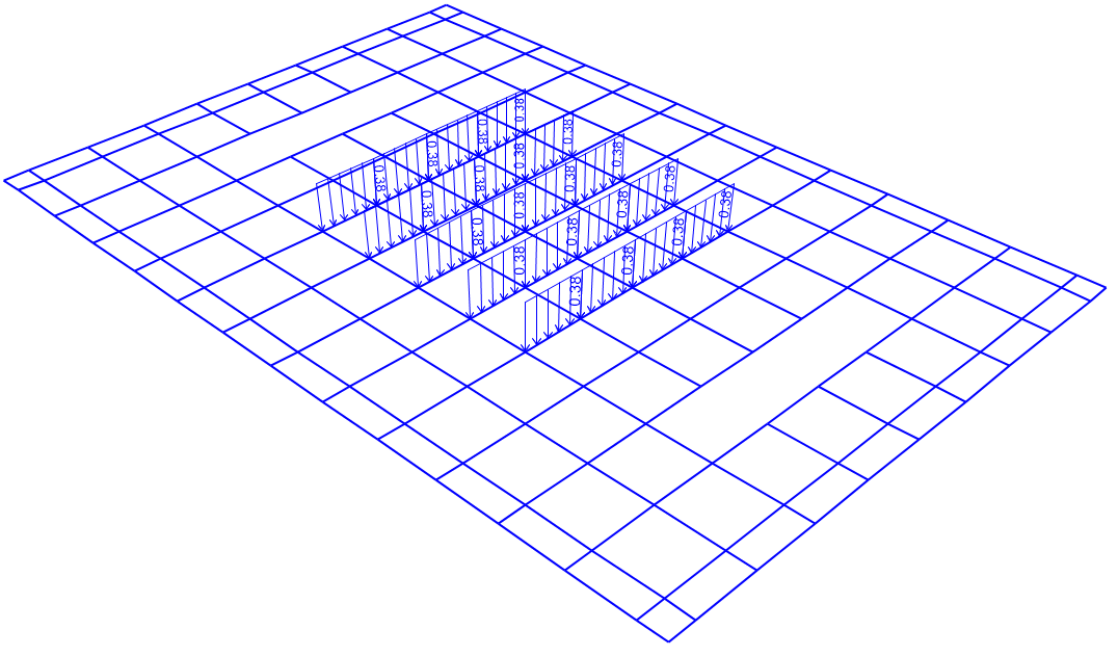


Figura 28: Applicazione dei carichi variabili Qk2 – caso 2

6.3.2 Pressione su superfici verticali parallele al binario Qk1

I valori caratteristici dell'azione ±q1k relativi a superfici verticali parallele al binario sono forniti nella figura seguente, in funzione della distanza ag dall'asse del binario più vicino.

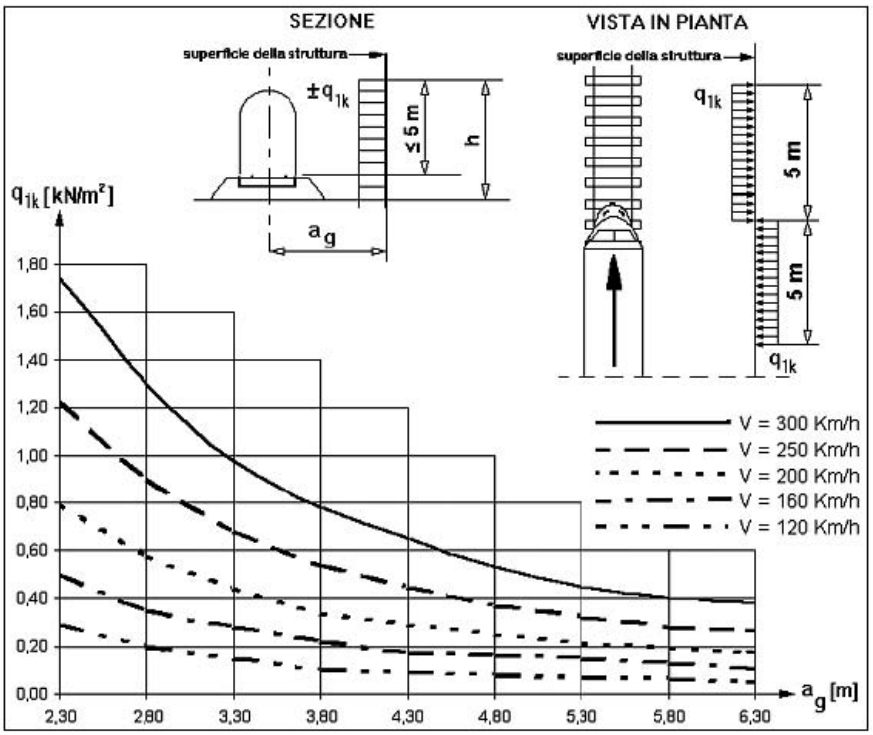


Figura 6.29: Valori caratteristici delle azioni q1k per superfici verticali parallele al binario

Nel caso in esame a_g = 4.95m, quindi il valore di q1k, riferito a V = 150 km/h, è pari a:

q_{1k}= 0.18 kN/m^2

I suddetti valori sono relativi a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli; per i casi di forme aerodinamiche favorevoli, questi valori dovranno essere corretti per mezzo del fattore k1, ove:

k_1 = 0.85 per convogli formati da carrozze con sagoma arrotondata;

k_1 = 0.60 per treni aerodinamici.

Nel caso in esame si assume conservativamente k_1 = 0.85.

Se l'altezza di un elemento strutturale (o parte della sua superficie di influenza) è ≤ 1,0 m o se la larghezza è ≤ 2,50 m, l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore k_2 =1,3.

Nel caso in esame larghezza delle colonne è ≤ 2,50 m, quindi l'azione q_{1k} deve essere incrementata del fattore k_2 =1,3.

Complessivamente si ottiene quindi:

$q_{1k} = 0.18\ kN/m^2 * 0.85 * 1.3 = 0.20\ kN/m^2$

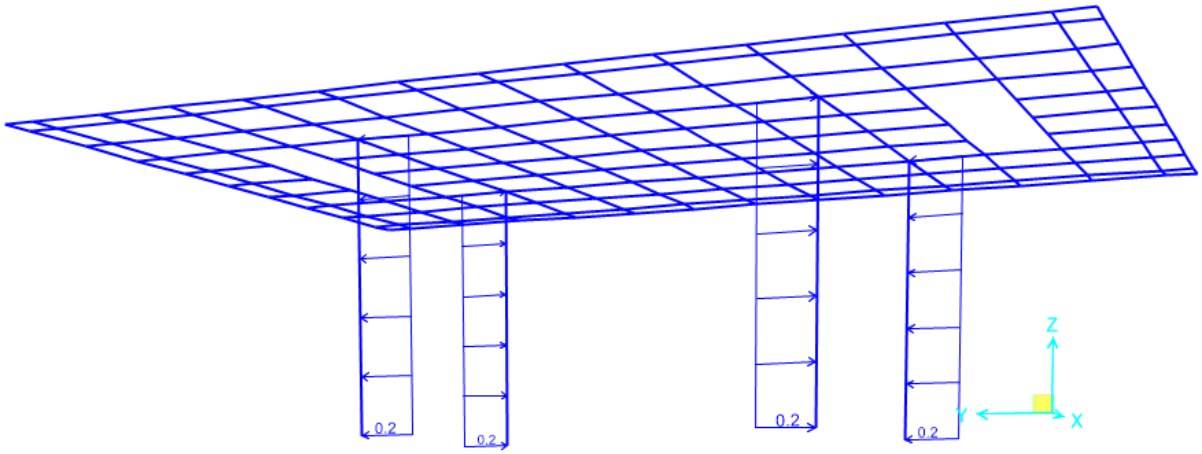


Figura 30: Applicazione dei carichi variabili Qk1

6.4 Carico vento Qk3

A seguire il calcolo dell'azione del vento.

DEFINIZIONE DEI DATI

zona:

3) Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)

Classe di rugosità del terreno:

C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,....); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.

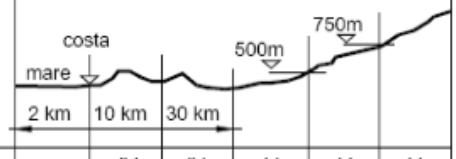
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.

Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.

a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):	0	[m]
Distanza dalla costa	2	[km]
T_R (Tempo di ritorno):	50	[anni]
Categoria di esposizione	II	

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5

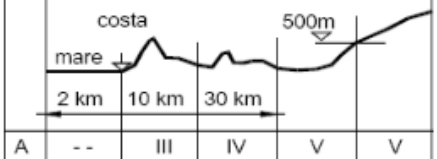


A	- -	IV	IV	V	V	V
B	- -	III	III	IV	IV	IV
C	- -	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**

* Categoria II in zona 1,2,3,4
Categoria III in zona 5

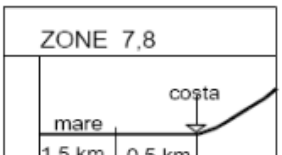
** Categoria III in zona 2,3,4,5
Categoria IV in zona 1

ZONA 6



A	- -	III	IV	V	V
B	- -	II	III	IV	IV
C	- -	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

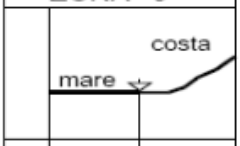
ZONE 7,8



A	- -	- -	IV
B	- -	- -	IV
C	- -	- -	III
D	I	II	*

* Categoria II in zona 8
Categoria III in zona 7

ZONA 9



A	- -	I
B	- -	I
C	- -	I
D	I	I

CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	ks	C_a
3	27	500	0.37	1.000

$v_b = v_{b,0} * c_a$

$c_a = 1$ per $a_s \le a_0$

$c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \le 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 27.00 m/s

$v_r = v_b * c_r$

Cr coefficiente di ritorno 1.00

v_r (velocità di riferimento) 27.02 m/s

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])

$q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2$ (ρ = 1,25 kg/m³)

Pressione cinetica di riferimento qr 456.29 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8] c_d **1.00**

Coefficiente di esposizione [§3.3.7]

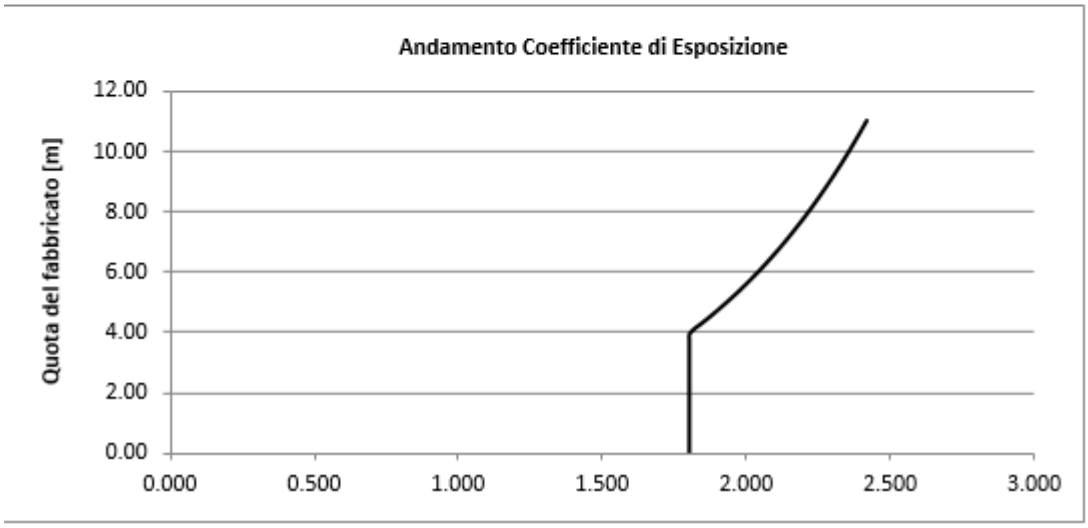
Il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito (e quindi dalla classe di rugosità del terreno) ove sorge la costruzione; per altezze non maggiori di z=200m valgono le seguenti espressioni

$c_e(z) = k_r^2 \cdot c_t \cdot \ln(z/z_0)\,[7+c_t \cdot \ln(z/z_0)]$ per $z \geq z_{min}$

$c_e(z) = c_e(z_{min})$ per $z < z_{min}$

k_r	z_0 [m]	z_{min} [m]
0.19	0.05	4.00

Coefficiente di esposizione minimo	$c_{e,min}$	**1.80**	z < 4.00
Coefficiente di esposizione alla gronda	$c_{e,gronda}$	**2.42**	z = 11.05
Coefficiente di esposizione al colmo	$c_{e,colmo}$	**2.42**	z = 11.05



Coefficiente di forma

Edifici a pianta rettangolare con coperture piane, a falde, inclinate, curve

E' il coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico), funzione della tipologia e della geometria della costruzione e del suo orientamento rispetto alla direzione del vento. Il suo valore può essere ricavato da dati suffragati da opportuna documentazione o da prove sperimentali in galleria del vento.

(2) copertura sopravento

± 1.37 kN/mq

PRESSIONI DEL VENTO IN DIREZIONE TANGENZIALE [§3.3.5]

Tipo di superficie:	Superficie liscia (acciaio, calcestruzzo a faccia liscia...)	
Pressione tangenziale del vento qtan	**10.63**	**[N/m²]**

I carichi sopra citati sono stati applicati direttamente sulle travi di copertura come mostrato a seguire:

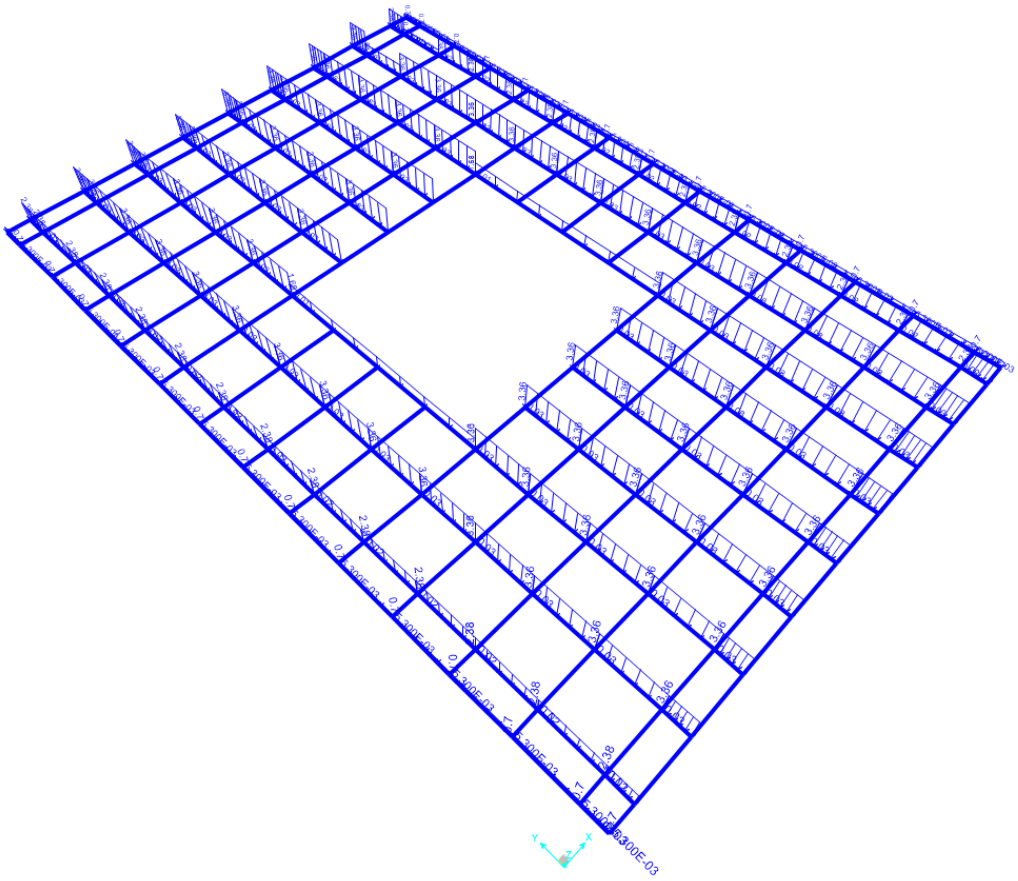


Figura 31: Applicazione dell'azione del vento

Lungo il perimetro della Piastra, in direzione ortogonale, su una superficie verticale individuata dai parapetti vetrati di protezione (Hmin=1.65 m, Hmax=2.55 m) disposti lungo il perimetro della piastra e dall'altezza di travi in acciaio (hmin=0.30 m, hmax=1.20 m) e soletta in c.a., per un'altezza complessiva massima di 3.75 m, agisce una pressione ortogonale, con coefficiente di pressione cp=1.2.

Ne consegue un valore di pressione del vento pari a:

$p = p \cdot c_d \cdot c_t \cdot c_e \cdot c_p = 1.3\ kN/m^2$

6.5 Carico neve Qk4

Segue il calcolo del carico neve secondo le norme vigenti.

1.DEFINIZIONE DEI DATI

Il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota as ≤ 1500 m s.l.m., non dovrà essere assunto minore di quello indicato in tabella, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per altitudini as ≥ 1500 m s.l.m. si dovrà fare riferimento a valori statistici locali utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500m

1.1 a_s (altitudine sul livello del mare): 0 [m]

1.2 zona: Zona III

Zona I - Alpina Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza	q_{sk} = 1,50 kN/m² $a_s \leq 200$ m $q_{sk} = 1{,}39\,[1+(a_s/728)^2]$ kN/m² $a_s > 200$ m
Zona I - Mediterranea Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese	q_{sk} = 1,50 kN/m² $a_s \leq 200$ m $q_{sk} = 1{,}35\,[1+(a_s/602)^2]$ kN/m² $a_s > 200$ m
Zona II Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona	q_{sk} = 1,00 kN/m² $a_s \leq 200$ m $q_{sk} = 0{,}85\,[1+(a_s/481)^2]$ kN/m² $a_s > 200$ m
Zona III Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo	q_{sk} = 0,60 kN/m² $a_s \leq 200$ m $q_{sk} = 0{,}51\,[1+(a_s/481^2]$ kN/m² $a_s > 200$ m

2 CALCOLO DEL CARICO NEVE AL SUOLO

q_{sk} valore caratteristico della neve al suolo 0.60 [kN/m²]

3 CALCOLO DEI COEFFICIENTI

3.1 Coefficiente di esposizione

Il coefficiente di esposizione deve essere utilizzato per modificare il valore del carico della neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Normalmente si adotta **Ce=1.** Si riportano in tabella i coefficienti consigliati per le diverse classi di topografia.

Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti.	0.9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi.	1
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti.	1.1

3.1.1 Classe di topografia: **Normale**

Il coefficiente di esposizione vale: c_E **1.00**

3.2 Coefficiente termico

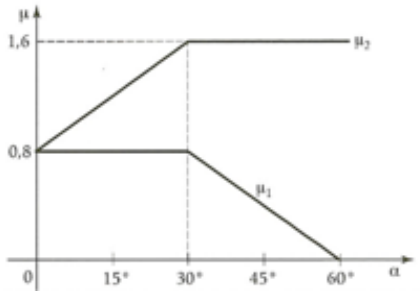
Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato **Ct = 1**.

Il coefficiente topografico vale: c_t **1.00**

3.2 Coefficiente di forma

3.2.1 Inclinazione della falda α (1) 6 [deg]
3.2.2 Inclinazione della falda α (2) 0 [deg]

3.2.3 Legge di variazione del coefficiente di forma:



μ1 (α_1)	**0.80**
μ1 (α_2)	**0.80**
μ2 (α)	**0.88**

4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

q_s (carico neve sulla copertura [N/m²]) = $\mu_i . q_{sk} . C_E . C_t$

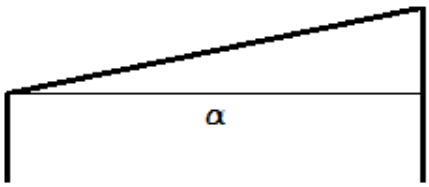
μ_i (coefficiente di forma)
q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m²])
C_E (coefficiente di esposizione)
C_t (coefficiente termico)

4.1 Combinazione per il caso di copertura ad una falda

Inclinazione falda	6 [deg]

0.48 kN/mq | μ1

μ1	0.80



I carichi sopra citati sono stati applicati direttamente sulle travi di copertura come mostrato a seguire:

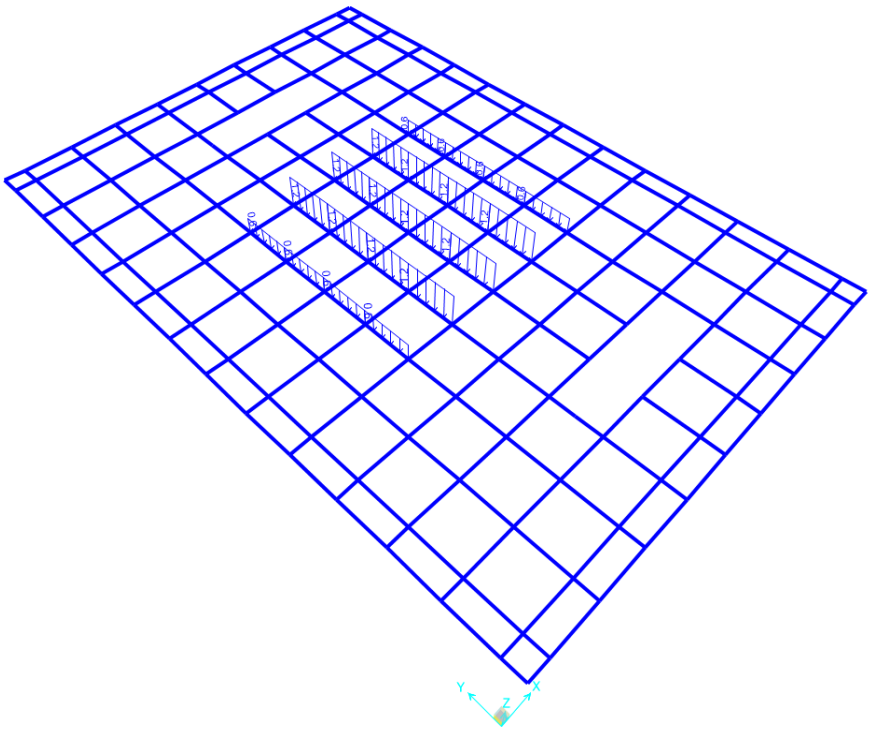


Figura 32: Applicazione del carico neve sulla zona scoperta del grigliato inferiore

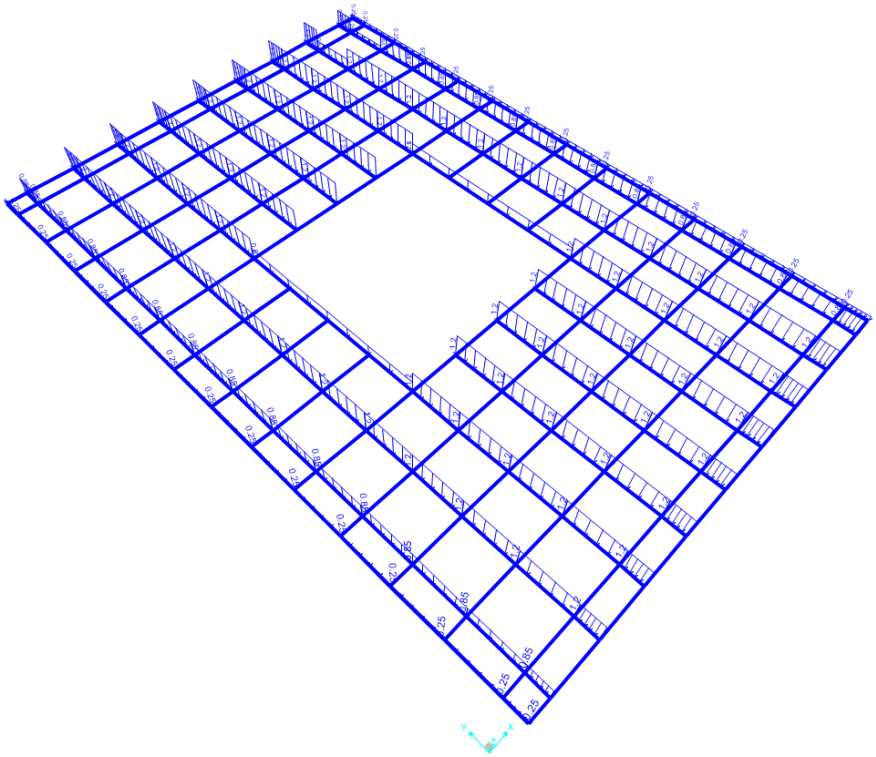


Figura 33: Applicazione del carico neve sulla copertura

6.6 Variazioni termiche

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u, ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC2018.

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

Figura 6.34: Valori di ΔTu per gli edifici (Tab. 3.5.II delle NTC2018)

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente ΔT_u e in particolare si assume **ΔT_u= ±25 °C** per tutta la struttura. Il coefficiente di dilatazione termica vale α=0.00001.

6.7 Azione dovuta al deragliamento del treno (URTO)

La forza causata da collisioni accidentali sugli elementi di sicurezza è definita come azione statica equivalente in funzione della distanza d degli elementi esposti dall'asse del binario (§3.6.3.4 - NTC2018):

per d ≤ 5 m:

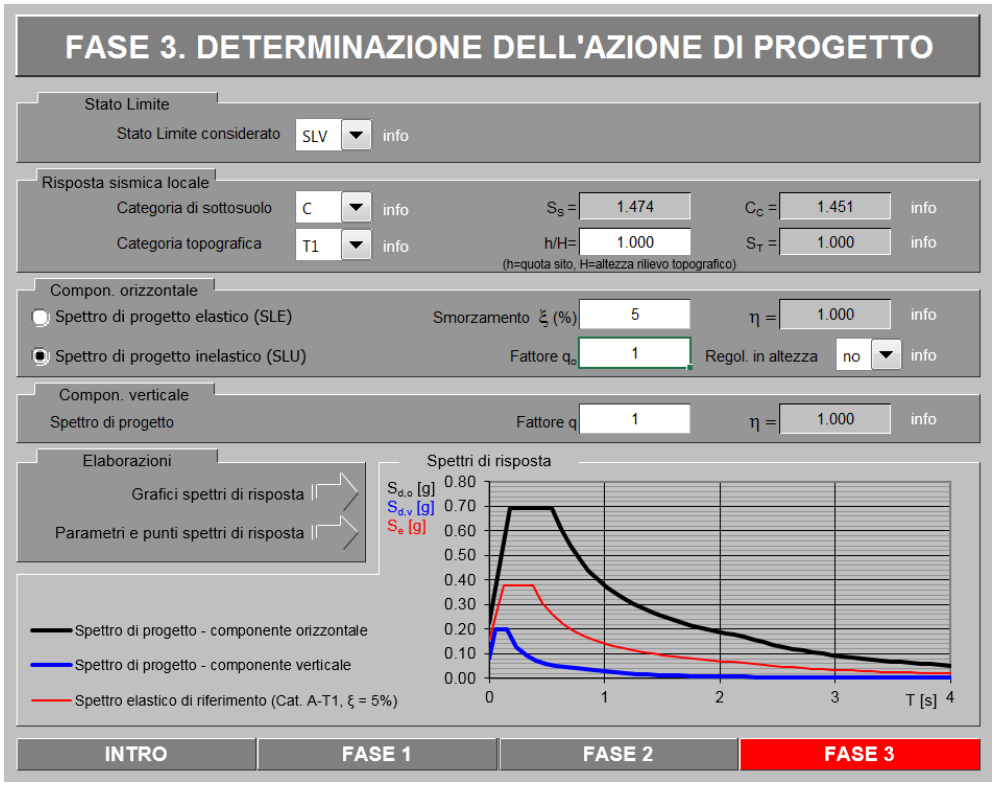
- 4000 kN in direzione parallela alla direzione di marcia dei convogli ferroviari;
- 1500 kN in direzione perpendicolare alla direzione di marcia dei convogli ferroviari.

Queste forze dovranno essere applicate a 1.80 m dal piano del ferro e non dovranno essere considerate agenti simultaneamente.

6.8 Azione sismica

Si riporta la determinazione dei parametrici sismici nelle condizioni (smorzamento ξ=5%).

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE
Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N 50 info
Coefficiente d'uso della costruzione - c_U 1.5 info
Valori di progetto
Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R 75 info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info
Stati limite di esercizio - SLE
SLO - P_{VR} = 81% 45
SLD - P_{VR} = 63% 75
Stati limite ultimi - SLU
SLV - P_{VR} = 10% 712
SLC - P_{VR} = 5% 1462
Elaborazioni
Grafici parametri azione
Grafici spettri di risposta
Tabella parametri azione
Strategia di progettazione
T_R [anni]
10000
1000
100
10
45
75
712
1462
SLO
SLD
SLV
SLC
LEGENDA GRAFICO
Strategia per costruzioni ordinarie
Strategia scelta
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3


FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO
Stato Limite
Stato Limite considerato SLV info
Risposta sismica locale
Categoria di sottosuolo C info
Categoria topografica T1 info
S_S = 1.474
C_C = 1.451
h/H= 1.000
S_T = 1.000
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)
Compon. orizzontale
Spettro di progetto elastico (SLE)
Spettro di progetto inelastico (SLU)
Smorzamento ξ (%) 5
η = 1.000
Fattore q_o 1
Regol. in altezza no
Compon. verticale
Spettro di progetto
Fattore q 1
η = 1.000
Elaborazioni
Grafici spettri di risposta
Parametri e punti spettri di risposta
Spettri di risposta
$S_{d,o}$ [g]
$S_{d,v}$ [g]
S_e [g]
0.80
0.70
0.60
0.50
0.40
0.30
0.20
0.10
0.00
0
1
2
3
4
T [s]
Spettro di progetto - componente orizzontale
Spettro di progetto - componente verticale
Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, ξ = 5%)
INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.152 g
F_o	2.483
T_C^*	0.375 s
S_S	1.474
C_C	1.451
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.474
η	1.000
T_B	0.181 s
T_C	0.544 s
T_D	2.208 s

Figura 35: Parametri sismici SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLD
a_g	0.064 g
F_o	2.395
T_C^*	0.333 s
S_S	1.500
C_C	1.509
S_T	1.000
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.500
η	1.000
T_B	0.168 s
T_C	0.503 s
T_D	1.856 s

Figura 36: Parametri sismici SLD

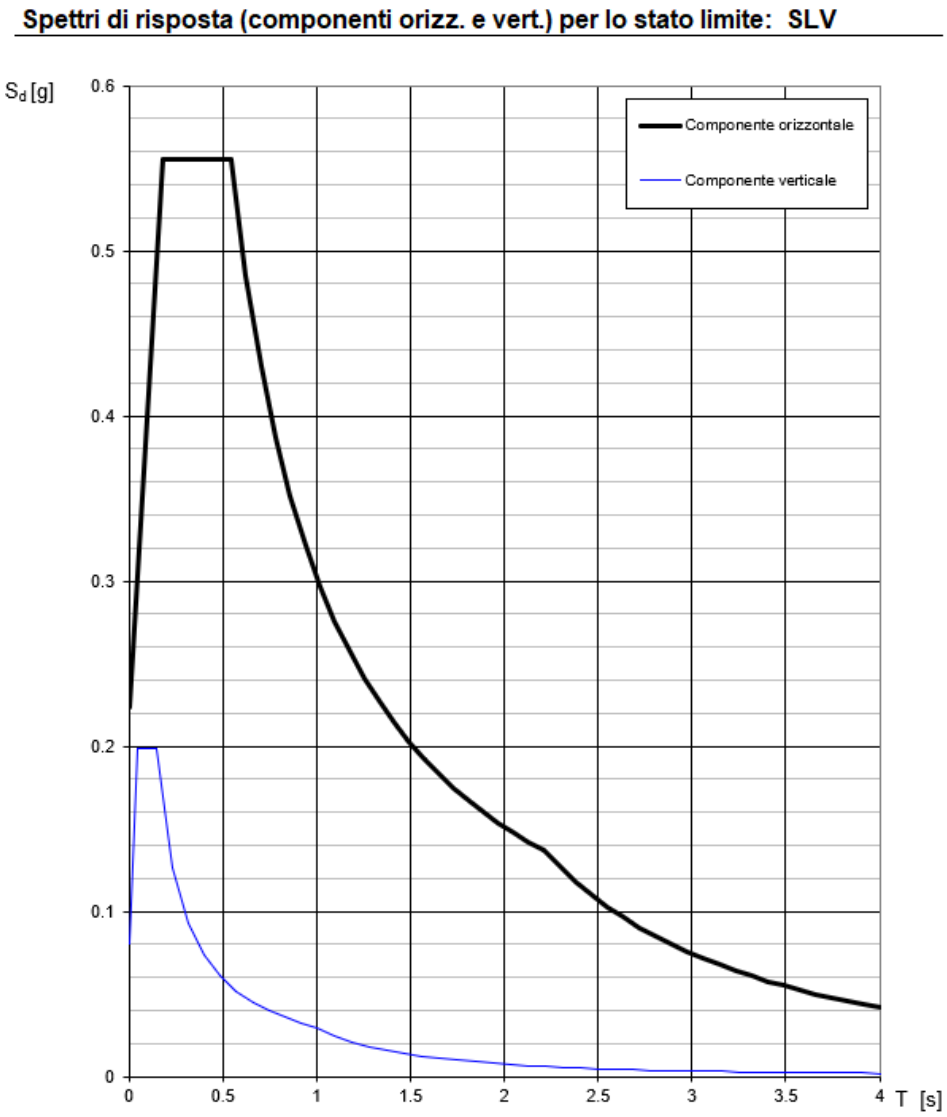


Figura 37: Spettro SLV

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLD

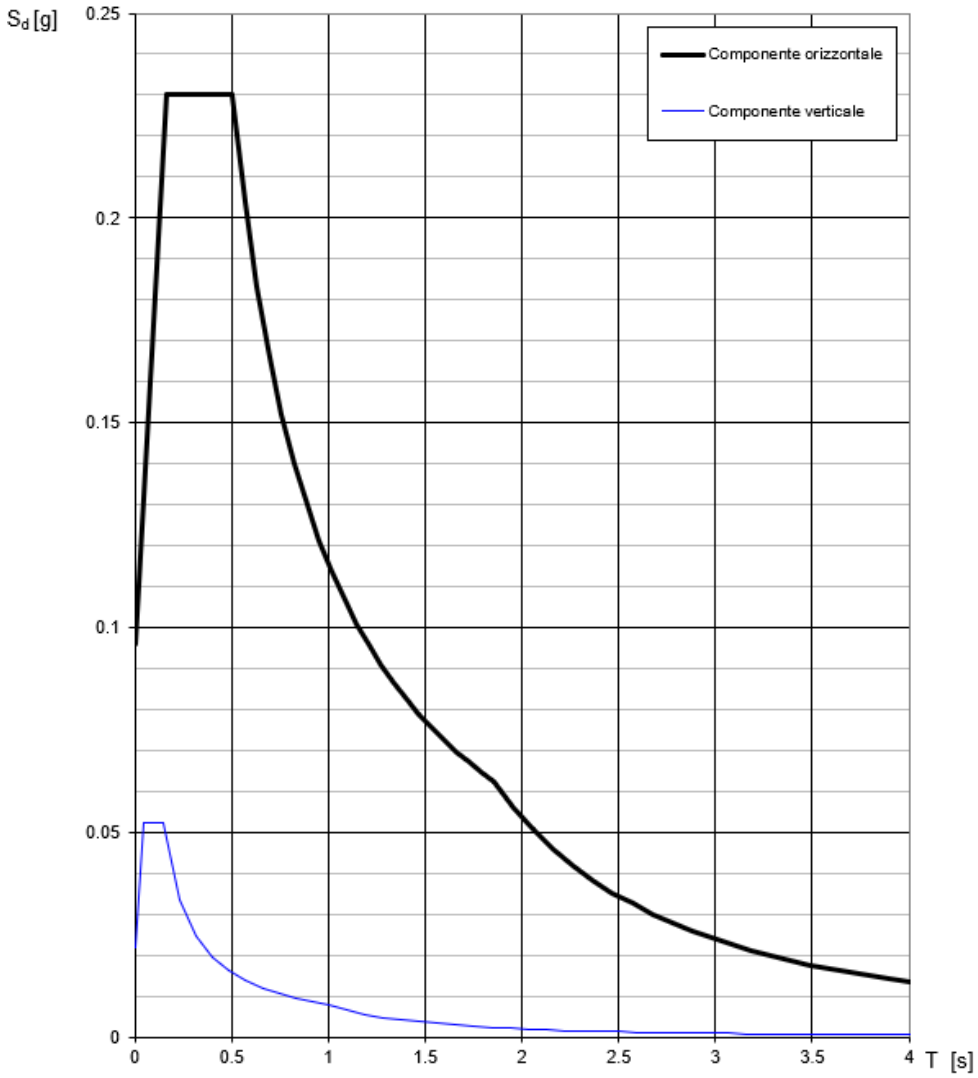


Figura 38: Spettro SLD

6.9 Azioni derivanti dalle scale

Le scale di accesso alla Piastra di scavalco sono appese alla struttura in acciaio in corrispondenza dei pianerottoli intermedi delle scale stesse, mentre, i pianerottoli di sbarco poggiano su apposite travi del grigliato inferiore della Piastra.

A causa della differenza geometrica tra le due scale, Nord e Sud, gli scarichi sulla struttura della Piastra non saranno simmetrici.

Si riporta, a titolo di esempio, una tra le applicazioni degli scarichi delle scale.

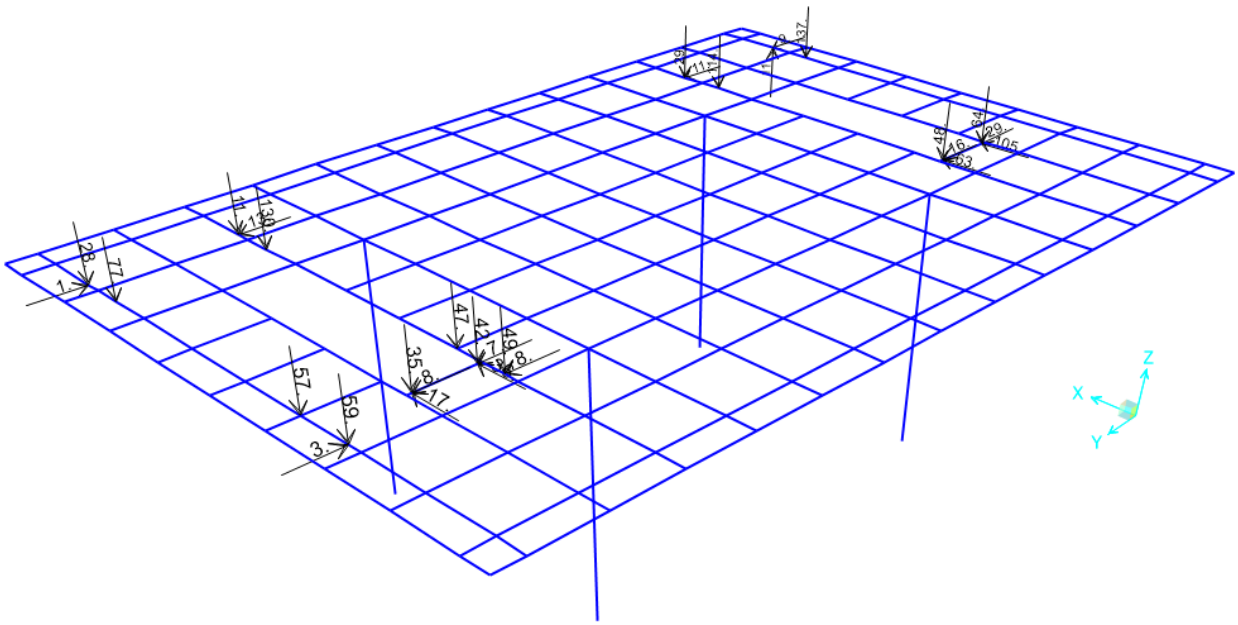


Figura 39: Scarichi delle scale combinazione SLE-01

7 COMBINAZIONI DI CARICO

I carichi sopra descritti sono stati combinati come a seguire.

TABLE: Combination Definitions															
ComboName Text	G1	G2	Qk1_C3	Qk1_H	Qk1_p	Qk2_p	Qk3_X	Qk3_Y	Qk4	ΔT	Urto x	Urto y	Ex	Ey	Ez
SLU01	1.3	1.3	1.5	0	1.2	1.2	0.9	-	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU02	1.3	1.3	1.05	0	1.5	1.5	1.5	-	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU03	1.3	1.3	1.05	1.50	1.2	1.2	0.9	-	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU04	1.3	1.3	1.05	0	1.2	1.2	0.9	-	1.5	0.9	0	0	0	0	0
SLU05	1.3	1.3	1.05	0	1.2	1.2	0.9	-	0.75	1.5	0	0	0	0	0
SLU06	1.3	1.3	1.5	0	1.2	1.2	-	0.9	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU07	1.3	1.3	1.05	0	1.5	1.5	-	1.5	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU08	1.3	1.3	1.05	1.50	1.2	1.2	-	0.9	0.75	0.9	0	0	0	0	0
SLU09	1.3	1.3	1.05	0	1.2	1.2	-	0.9	1.5	0.9	0	0	0	0	0
SLU10	1.3	1.3	1.05	0	1.2	1.2	-	0.9	0.75	1.5	0	0	0	0	0
ECC1	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
ECC2	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
SLER01	1	1	1	0	0.8	0.8	0.6	-	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER02	1	1	0.7	0	1	1	1	-	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER03	1	1	0.7	1	0.8	0.8	0.6	-	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER04	1	1	0.7	0	0	0	0.6	-	1	0.6	0	0	0	0	0
SLER05	1	1	0.7	0	0.8	0.8	0.6	-	0.5	1	0	0	0	0	0
SLER06	1	1	1	0	0.8	0.8	-	0.6	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER07	1	1	0.7	0	1	1	-	1	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER08	1	1	0.7	1	0.8	0.8	-	0.6	0.5	0.6	0	0	0	0	0
SLER09	1	1	0.7	0	1	1	-	0.6	1	0.6	0	0	0	0	0
SLER10	1	1	0.7	0	0.8	0.8	-	0.6	0.5	1	0	0	0	0	0
SLEF01	1	1	0.7	0	0.2	0.2	0.2	-	0.2	0	0	0	0	0	0
SLEF02	1	1	0.7	0	0.2	0.2	-	0.2	0.2	0	0	0	0	0	0
SLEQP	1	1	0.6	0	0.2	0.2	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0
SLV01	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±1	±0.3	±0.3
SLV02	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±0.3	±1	±0.3
SLV03	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±0.3	±0.3	±1
SLD01	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±1	±0.3	±0.3
SLD02	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±0.3	±1	±0.3
SLD03	1	1	0.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	±0.3	±0.3	±1

Dove con G2 si intende la condizione più gravosa tra i due casi analizzati (assenza e presenza di terreno nelle vasche) e con Q1k_C3 si intende l'inviluppo tra le quattro ipotesi di carico da folla considerate.

8 ELEMENTI IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO

Gli elementi realizzati in c.a. sono le predalles prefabbricate e i getti della soletta e dei muri verticali che costituiscono le vasche riempite in terra, come indicato nella figura che segue.

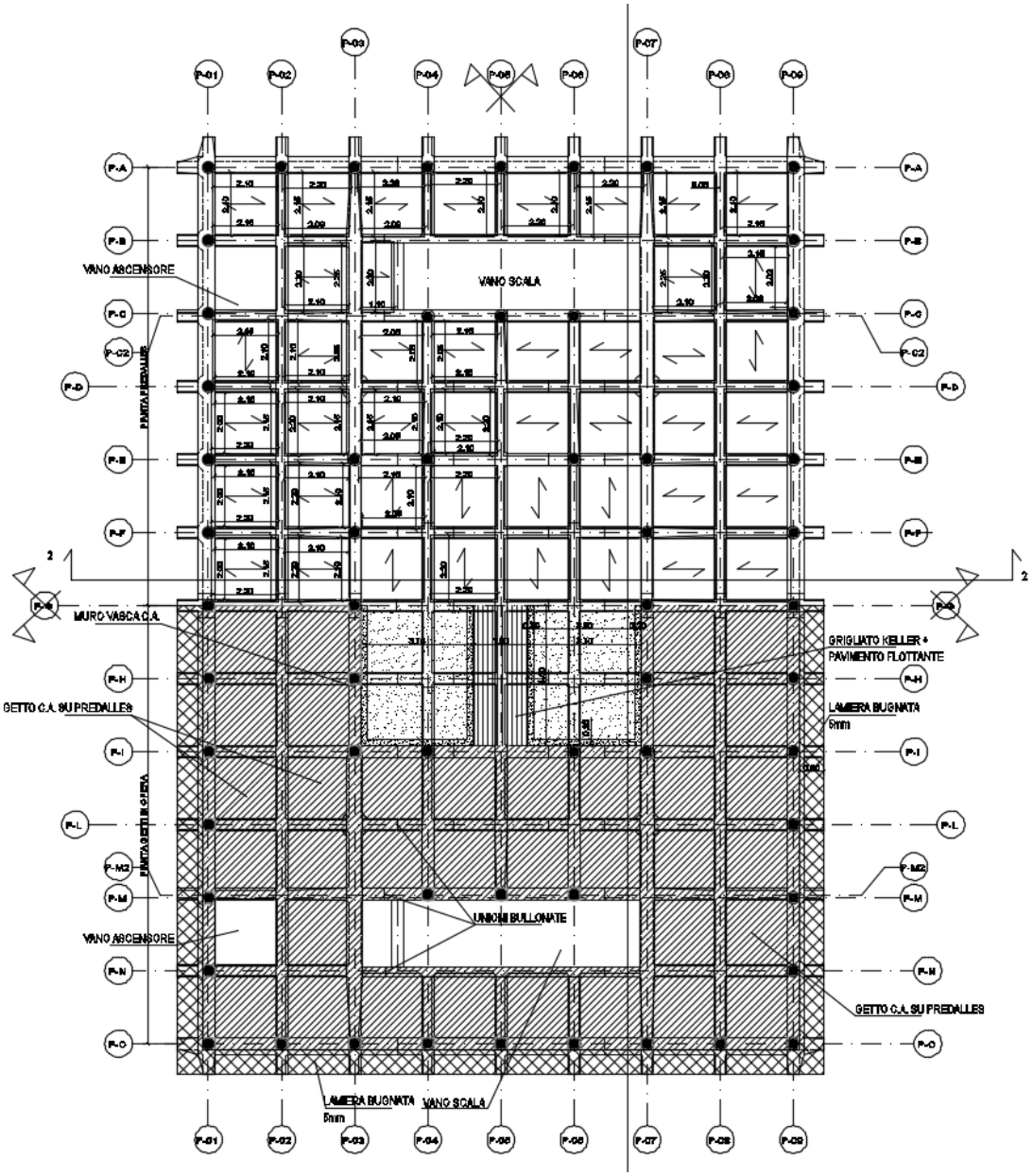


Figura 40: Pianta predalles e getti in opera

8.1 VERIFICA DELLA SOLETTA (PREDALLES + GETTO IN C.A.)

Si esegue la verifica del pacchetto composto da predalles (sp. 6cm) e getto in c.a. (sp. 10.5cm).

8.1.1 Condizione di breve termine

solo Predalles

sp	0.06	m	
b trasv	2.4	m	
Lc	2.2	m	
q pp	3.6	kN/m	
q portato	6.3	kN/m	
accidentale	1	kN/m2	
q SLU	15.63	kN/m	
q SLE	10.9	kN/m	
Sollecitazioni al ml			
M +	3.9	kNm/m	
V	7.2	kN/m	
Traliccio			
d inf	8	mm	
d sup	12	mm	
staffe	6	mm	
num tralicci al m	2	-	
h traliccio	0.085	m	
b traliccio	0.100	m	
l traliccio	0.150	m	
β	*0.53*	rad	Angolo β asta diagonale/piano sez long
num ferri inf	2	-	
Armatura aggiuntiva inferiore			
d inf	10	mm	
passo	10	cm	
num	10	-	
Armatura totale			
As inf tot	986.5	mm2	
As sup tot	226.2	mm2	
N tesa	**46.4**	**kN**	per 2 tralicci
N compressa	**-46.4**	**kN**	per 2 tralicci

sigma inf	47.0	Mpa	
sigma sup	-204.9	Mpa	

Verifica resistenza

fyd	391.3	Mpa	
FS +	8.33	-	
FS -	-1.91	-	

Verifica stabilità corrente sup

Area tondo	113.1	mm^2	
Mom inerzia tondo	1017.9	mm^4	
Raggio di girazione	3.0	mm	
Lunghezza lib. Inflessione	150.0	mm	
Snellezza λ	50.0	-	
Fattore amplificazione ω	1.28	-	*DIN 4114
F asta compressa	-23.2	kN	
Tensione normale amplificata	***262.3***	Mpa	

Verifica stabilità diagonale

Area biella	28.3	mm^2	
Mom inerzia	108.0	mm^4	
Raggio di girazione	2.0	mm	
Lunghezza lib. Inflessione	113.36	mm	
Snellezza λ	58	-	
Fattore amplificazione ω	1.39		*DIN 4114
F diagonale	4.2	kN	
Tensione normale amplificata	***204.3***	Mpa	

Tutte le verifiche risultano soddisfatte.

8.1.2 Condizione di lungo termine

Soletta+predalles

sp predalle	0.06	m
sp soletta	0.105	m
sp	0.165	m
b trasv	2.4	m

Carico g2

finiture	1.5	kN/m2
impianti	0.5	kN/m2
eventuali tramezzature	2	kN/m2
massetto	0.8	kN/m2
guaina+TNT	0.085	kN/m2
g2 tot	**4.885**	**kN/m2**
	11.7	**kN/m**

Si analizzano due differenti casi:

- soletta caricata dalla presenza di terreno,

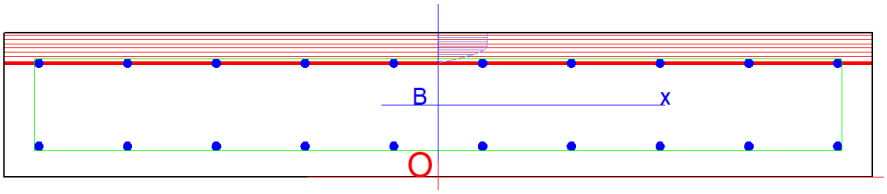
q terreno	*19.8*	*kN/m2*
	47.5	**kN/m**

- soletta caricata dalla folla

q folla	*5*	*kN/m2*
	12	**kN/m**

Le massime sollecitazioni al metro lineare di soletta, per il caso peggiore tra i due analizzati, sono:

Sollecitazioni al ml	**SLU**	**SLE**
M max + (kNm/m)	8.8	6.7
M max - (kNm/m)	-18.0	-15.0
V max (kN/m)	43.8	-



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37	
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.00	MPa
	Resistenza compress. ridotta fcd':	8.500	MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020	
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	32836.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.900	MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	13.500	MPa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef:	200000.0	MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istant. ß1*ß2:	1.00	
	Coeff. Aderenza differito ß1*ß2:	0.50	

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base:	100.0	cm
Altezza:	16.5	cm
Barre inferiori:	10Ø10	(7.9 cm²)
Barre superiori:	10Ø10	(7.9 cm²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	3.5	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	3.5	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY — Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT — Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	15.00	60.00	0.00
2	0.00	-25.00	0.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx — Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	10.00 (15.03)
2	0.00	-15.00 (-15.03)

RISULTATI DEL CALCOLO

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.0	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	8.5	cm
Copriferro netto minimo staffe:	2.0	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.	
1	S	0.00	15.00	0.05	38.42	2.562	13.5	0.23	0.72	15.7 (2.2)
2	S	0.00	-25.00	0.05	-38.42	1.537	3.0	0.23	0.72	15.7 (2.2)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	16.5	-0.00064	13.0	-0.01189	3.5
2	0.00350	0.0	-0.00064	3.5	-0.01189	13.0

ARMATURE A TAGLIO E/O TORSIONE DI INVILUPPO PER LE COMBINAZIONI ASSEGNATE

Diametro staffe:	10	mm	
Passo staffe:	10.3	cm	[Passo massimo di normativa = 10.4 cm]
N.Bracci staffe:	2		
Area staffe/m :	15.3	cm²/m	[Area Staffe Minima NTC = 15.0 cm²/m]

VERIFICHE A TAGLIO

Ver	S = comb.verificata a taglio-tors./ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [kN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vrd	Taglio resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio trazione resistente [kN] assorbito dalle staffe [formula (4.1.27)NTC]
bw|d	Larghezza minima [cm] sezione misurata parallelam. all'asse neutro | Altezza utile sezione
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe/metro strettamente necessaria per taglio e torsione [cm²/m]

N°Comb	Ver	Ved	Vrd	Vcd	Vwd	bw| d	Ctg	Acw	ASt
1	S	60.00	103.26	342.94	174.55	100.0| 13.0	2.500	1.000	5.2
2	S	0.00	103.26	497.26	69.82	100.0| 13.0	1.000	1.000	0.0

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa]
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci.
	(D barre = 0 indica spaziatura superiore a 5(c+Ø/2) e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	3.70	16.5	0.00	12.2	-112.0	13.0	4.1	406	7.9	10.3
2	S	5.55	0.0	0.00	4.3	-168.0	3.5	4.1	406	7.9	10.3

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e2)in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC
Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00079	0.00028	0.50	0.40	0.000336 (0.000336)	190	0.064 (0.30)	15.03
2	S	-0.00118	0.00042	0.50	0.40	0.000504 (0.000504)	190	0.096 (0.30)	-15.03

8.2 VERIFICA DEI SETTI VERTICALI DELLE VASCHE

Si analizzano le sollecitazioni che agiscono sul muro perimetrale delle vasche, al metro lineare.

Geometria

spessore: b = 0.20 m

altezza: H=1.10m

larghezza trasversale: L = 1.00m

ricoprimento in terra: h = 1.00m

8.2.1 Analisi dei carichi

I carichi permanenti sono rappresentati dai pesi propri del terreno e del calcestruzzo:

γ cls = 25 kN/m3
γ terreno = 18 kN/m3
ϕ terreno = 23°

Il carico accidentale è rappresentato dal carico di manutenzione pari a 1 kN/m2.

8.2.2 Analisi delle sollecitazioni e verifiche

Carichi	Effetto	Coeff. Parziale	A1 (STR)	A2 (GEO)	SLE	altro
Permanenti	favorevole	γ_G	1.00	1.00	1.00	1.30
	sfavorevole		1.30	1.00	1.00	1.30
Variabili	favorevole	γ_Q	0.00	0.00	0.00	0.00
	sfavorevole		1.50	1.30	1.00	1.50

Parametro		Coeff. Parziale	M1	M2	SLE	altro
angolo d'attrito	tan φ'_k	$\gamma_{\varphi'}$	1.00	1.25	1.00	1.00
peso unità di volume	γ	γ_γ	1.00	1.00	1.00	1.00

Carichi Agenti				*valori caratteristici SLE - sisma*	*valori di progetto* STR/GEO
Carichi permanenti	Sovraccarico permanente	(kN/m^2)	qp	19.80	25.74
	Sovraccarico su zattera di monte ○ si ◉ no				
	Forza Orizzontale in Testa permanente	(kN/m)	fp	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa permanente	(kN/m)	vp	0.00	0.00
	Momento in Testa permanente	(kNm/m)	mp	0.00	0.00
Condizioni Statiche	Sovraccarico Accidentale in condizioni statiche	(kN/m^2)	q	1.00	1.50
	Forza Orizzontale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	f	0.00	0.00
	Forza Verticale in Testa accidentale in condizioni statiche	(kN/m)	v	0.00	0.00
	Momento in Testa accidentale in condizioni statiche	(kNm/m)	m	0.00	0.00
	Coefficienti di combinazione	condizione frequente $\Psi 1$	0.75	condizione quasi permanente $\Psi 2$	0.00

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI STRUTTURALI

Calcestruzzo

classe cls: C30/37

Rck	37	(MPa)
fck	30	(MPa)
fcm	38	
Ec	32837	(MPa)
α_{cc}	0.85	
γc	1.50	
$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck}/\gamma c$	17.00	(MPa)
$f_{ctm} = 0.30 * f_{ck}^{2/3}$	2.90	(MPa)

Tensioni limite (tensioni ammissibili)

condizioni statiche

σ_c	18	Mpa
σ_f	313	Mpa

condizioni sismiche

σ_c	17.00	Mpa
σ_f	391.30	Mpa

Valore limite di apertura delle fessure

Frequente	w2	0.3	mm
Quasi Permanente	w1	0.2	mm

Acciaio

tipo di acciaio: B450C

fyk =	450	(MPa)
γs	1.15	
fyd = fyk /γs	391.30	(MPa)

Es = 210000 (MPa)

ε_{ys} = 0.19%

coefficiente omogeneizzazione acciaio n = 15

Copriferro (distanza asse armatura-bordo)

c = 5.00 (cm)

Copriferro minimo di normativa (ricoprimento armatura)

c_{min} = 3.50 (cm)

FORZE VERTICALI

			SLE	STR/GEO
- Peso del Muro (Pm)				
Pm1 =	(B2*H3*γcls)/2	(kN/m)	0.00	0.00
Pm2 =	(B3*H3*γcls)	(kN/m)	5.50	5.50
Pm3 =	(B4*H3*γcls)/2	(kN/m)	0.00	0.00
Pm4 =	(B*H2*γcls)	(kN/m)	8.25	8.25
Pm =	Pm1 + Pm2 + Pm3 + Pm4	(kN/m)	13.75	13.75
- Peso del terreno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro (Pt)				
Pt1 =	(B5*H3*γ')	(kN/m)	33.66	33.66
Pt2 =	(0,5*(B4+B5)*H4*γ')	(kN/m)	0.00	0.00
Pt3 =	(B4*H3*γ')/2	(kN/m)	0.00	0.00
Sovr =	qp * (B4+B5)	(kN/m)	0.00	0.00
Pt =	Pt1 + Pt2 + Pt3 + Sovr	(kN/m)	33.66	33.66
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	q * (B4+B5)	(kN/m)	1.8	2.7
Sovr acc. Sism	qs * (B4+B5)	(kN/m)	0	

MOMENTI DELLE FORZE VERT. RISPETTO AL PIEDE DI VALLE DEL MURO

- Muro (Mm)				
Mm1 =	Pm1*(B1+2/3 B2)	(kN/m)	0.00	0.00
Mm2 =	Pm2*(B1+B2+0,5*B3)	(kN/m)	0.55	0.55
Mm3 =	Pm3*(B1+B2+B3+1/3 B4)	(kN/m)	0.00	0.00
Mm4 =	Pm4*(B/2)	(kN/m)	8.25	8.25
Mm =	Mm1 + Mm2 + Mm3 + Mm4	(kN/m)	8.80	8.80
- Terrapieno e sovr. perm. sulla scarpa di monte del muro				
Mt1 =	Pt1*(B1+B2+B3+B4+0,5*B5)	(kN/m)	37.03	37.03
Mt2 =	Pt2*(B1+B2+B3+2/3*(B4+B5))	(kN/m)	0.00	0.00
Mt3 =	Pt3*(B1+B2+B3+2/3*B4)	(kN/m)	0.00	0.00
Msovr =	Sovr*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))	(kN/m)	0.00	0.00
Mt =	Mt1 + Mt2 + Mt3 + Msovr	(kN/m)	37.03	37.03
- Sovraccarico accidentale sulla scarpa di monte del muro				
Sovr acc. Stat	*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))	(kNm/m)	1.98	2.97
Sovr acc. Sism	*(B1+B2+B3+1/2*(B4+B5))	(kNm/m)	0.00	

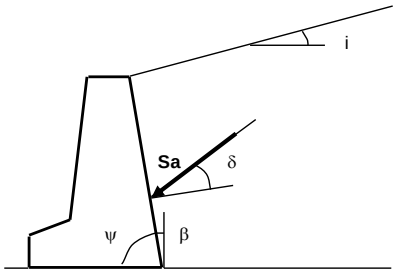
SPINTE DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

			SLE	STR/GEO
- Spinta totale condizione statica				
St =	$0,5*\gamma'*(H2+H3+H4)^2*ka$	(kN/m)	5.30	6.89
Sq perm =	q*(H2+H3+H4)*ka	(kN/m)	9.76	12.69
Sq acc =	q*(H2+H3+H4)*ka	(kN/m)	0.49	0.74
- Componente orizzontale condizione statica				
Sth =	St*cosδ	(kN/m)	5.11	6.65
Sqh perm =	Sq perm*cosδ	(kN/m)	9.42	12.24
Sqh acc =	Sq acc*cosδ	(kN/m)	0.48	0.71
- Componente verticale condizione statica				
Stv =	St*senδ	(kN/m)	1.40	1.82
Sqv perm=	Sq perm*senδ	(kN/m)	2.58	3.36
Sqv acc =	Sq acc*senδ	(kN/m)	0.13	0.20

MOMENTI DELLA SPINTA DEL TERRENO E DEL SOVRACCARICO

			SLE	STR/GEO
MSt1 =	Sth*((H2+H3+H4)/3)	(kN/m)	2.16	2.80
MSt2 =	Stv*B	(kN/m)	2.80	3.65
MSq1 perm=	Sqh perm*((H2+H3+H4)/2)	(kN/m)	5.96	7.74
MSq2 perm=	Sqv perm*B	(kN/m)	5.16	6.71
MSq1 acc =	Sqh acc*((H2+H3+H4)/2)	(kN/m)	0.30	0.45
MSq2 acc =	Sqv acc*B	(kN/m)	0.26	0.39

Dove i coefficienti di spinta sono stati calcolati come segue:



per $i \le \varphi' - \theta$

$$k_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \operatorname{sen}^2\psi \operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta)\left[1 + \sqrt{\frac{\operatorname{sen}(\varphi' + \delta)\operatorname{sen}(\varphi' - i - \theta)}{\operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta)\operatorname{sen}(\psi + i)}}\right]^2}$$

per $i > \varphi' - \theta$

$$k_a = \frac{\operatorname{sen}^2(\psi + \varphi' - \theta)}{\cos\theta \operatorname{sen}^2\psi \operatorname{sen}(\psi - \theta - \delta)}$$

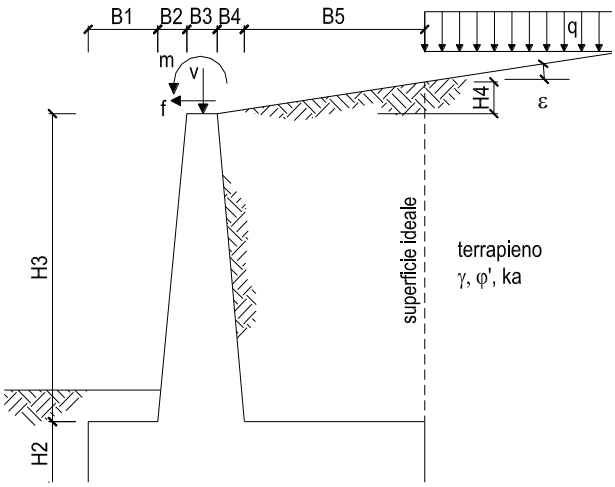
coefficienti di spinta SLE

φ' =	23.0	(°)	i =	0.0	(°)	δ =	15.33	(°)
	0.4014			0.0000			0.2676	

STATICO

*kah = Ka*cos(δ_{sup id})*

ka =	**0.3898**	**(-)**	**kah =**	**0.3759**	**(-)**



8.2.2.1 Verifica strutturale SLU

CALCOLO SOLLECITAZIONI PARAMENTO VERTICALE DEL MURO

Azioni sulla parete e Sezioni di Calcolo

$Mt_{stat} = ½\ Ka_{orizz.} * \gamma*(1±kv)*h^2*h/3$

$Mt_{sism} = ½ * \gamma *(Kas_{orizz.}*(1±kv)-Ka_{orizz.})*h^2*h/2$ o $*h/3$

$Mq = ½\ Ka_{orizz}*q*h^2$

$M_{ext} = m+f*h$

$M_{inerzia} = \Sigma Pm_i*b_i*kh$ (solo con sisma)

$N_{ext} = v$

$N_{pp+inerzia} = \Sigma Pm_i*(1±kv)$

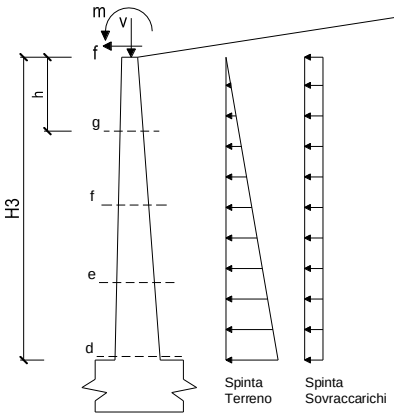
$Vt_{stat} = ½\ Ka_{orizz.} * \gamma*(1±kv)*h^2$

$Vt_{sism} = ½ * \gamma *(Kas_{orizz.}*(1±kv)-Ka_{orizz.})*h^2$

$Vq = Ka_{orizz}*q*h$

$V_{ext} = f$

$V_{inerzia} = \Sigma Pm_i*kh$



condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M_{ext}	M_{tot}	N_{ext}	N_{pp}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.10	1.84	6.20	0.00	8.04	0.00	5.50	5.50
e-e	0.83	0.78	3.49	0.00	4.26	0.00	4.13	4.13
f-f	0.55	0.23	1.55	0.00	1.78	0.00	2.75	2.75
g-g	0.28	0.03	0.39	0.00	0.42	0.00	1.38	1.38

sezione	h	Vt	Vq	V_{ext}	V_{tot}
	[m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.10	5.03	11.26	0.00	16.29
e-e	0.83	2.83	8.45	0.00	11.28
f-f	0.55	1.26	5.63	0.00	6.89
g-g	0.28	0.31	2.82	0.00	3.13

Si adottano le seguenti armature:

Base muro

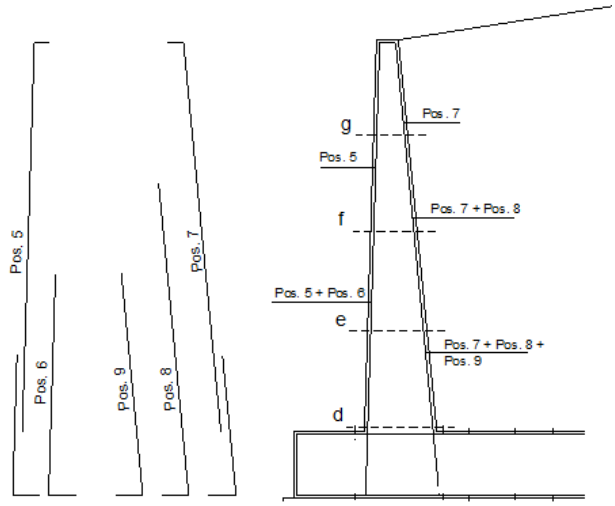
Armatura tesa: ϕ16/10

Armatura compressa: ϕ12/20

Sommità muro

Armatura tesa: ϕ12/20

Armatura compressa: ϕ12/20



Sez.	M	N	h	Af	A'f	Mu	Mu/M
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(kNm)	(-)
d - d	8.04	5.50	0.20	5.65	5.65	36.87	4.59
e -e	4.26	4.13	0.20	5.65	5.65	36.79	8.63
f - f	1.78	2.75	0.20	5.65	5.65	36.71	20.63
g - g	0.42	1.38	0.20	5.65	5.65	36.63	88.05

Sez.	V_{Ed}	h	V_{rd}	
(-)	(kN)	(m)	(kN)	
d - d	16.29	0.20	81.95	**Armatura a taglio non necessaria**
e -e	11.28	0.20	81.80	**Armatura a taglio non necessaria**
f - f	6.89	0.20	81.64	**Armatura a taglio non necessaria**
g - g	3.13	0.20	81.49	**Armatura a taglio non necessaria**

8.2.2.2 Verifica a fessurazione SLE

condizione Frequente

sezione	h	Mt	Mq	M_{ext}	M_{tot}	N_{ext}	N_{pp}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.10	1.42	4.67	0.00	6.09	0.00	5.50	5.50
e-e	0.83	0.60	2.63	0.00	3.23	0.00	4.13	4.13
f-f	0.55	0.18	1.17	0.00	1.35	0.00	2.75	2.75
g-g	0.28	0.02	0.29	0.00	0.31	0.00	1.38	1.38

condizione Quasi Permanente

sezione	h	Mt	Mq	M_{ext}	M_{tot}	N_{ext}	N_{pp}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.10	1.42	4.50	0.00	5.92	0.00	5.50	5.50
e-e	0.83	0.60	2.53	0.00	3.13	0.00	4.13	4.13
f-f	0.55	0.18	1.13	0.00	1.30	0.00	2.75	2.75
g-g	0.28	0.02	0.28	0.00	0.30	0.00	1.38	1.38

condizione Frequente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf	wk	w_{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)	(mm)	(mm)
d - d	6.09	5.50	0.20	5.65	5.65	2.13	73.02	0.070	0.300
e -e	3.23	4.13	0.20	5.65	5.65	1.12	37.52	0.036	0.300
f - f	1.35	2.75	0.20	5.65	5.65	0.46	14.66	0.014	0.300
g - g	0.31	1.38	0.20	5.65	5.65	0.10	2.74	0.003	0.300

condizione Quasi Permanente

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf	wk	w_{amm}
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)	(mm)	(mm)
d - d	5.92	5.50	0.20	5.65	5.65	2.07	70.83	0.068	0.200
e -e	3.13	4.13	0.20	5.65	5.65	1.09	36.29	0.035	0.200
f - f	1.30	2.75	0.20	5.65	5.65	0.45	14.12	0.013	0.200
g - g	0.30	1.38	0.20	5.65	5.65	0.10	2.60	0.002	0.200

8.2.2.3 Verifica tensionale SLE

condizione statica

sezione	h	Mt	Mq	M_{ext}	M_{tot}	N_{ext}	N_{pp}	N_{tot}
	[m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kNm/m]	[kN/m]	[kN/m]	[kN/m]
d-d	1.10	1.42	4.73	0.00	6.15	0.00	5.50	5.50
e-e	0.83	0.60	2.66	0.00	3.26	0.00	4.13	4.13
f-f	0.55	0.18	1.18	0.00	1.36	0.00	2.75	2.75
g-g	0.28	0.02	0.30	0.00	0.32	0.00	1.38	1.38

Condizione Statica Rara

Sez.	M	N	h	Af	A'f	σc	σf
(-)	(kNm)	(kN)	(m)	(cm²)	(cm²)	(N/mm²)	(N/mm²)
d - d	6.15	5.50	0.20	5.65	5.65	2.15	73.75
e -e	3.26	4.13	0.20	5.65	5.65	1.13	37.93
f - f	1.36	2.75	0.20	5.65	5.65	0.47	14.85
g - g	0.32	1.38	0.20	5.65	5.65	0.11	2.78

9 MODELLAZIONE

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale ad elementi finiti SAP2000. Tutti gli elementi strutturali sono stati modellati come elementi *frame*. I pesi propri portati e i carichi accidentali sono stati aggiunti come carico su aree fittizie di ripartizione sulle aste di copertura.

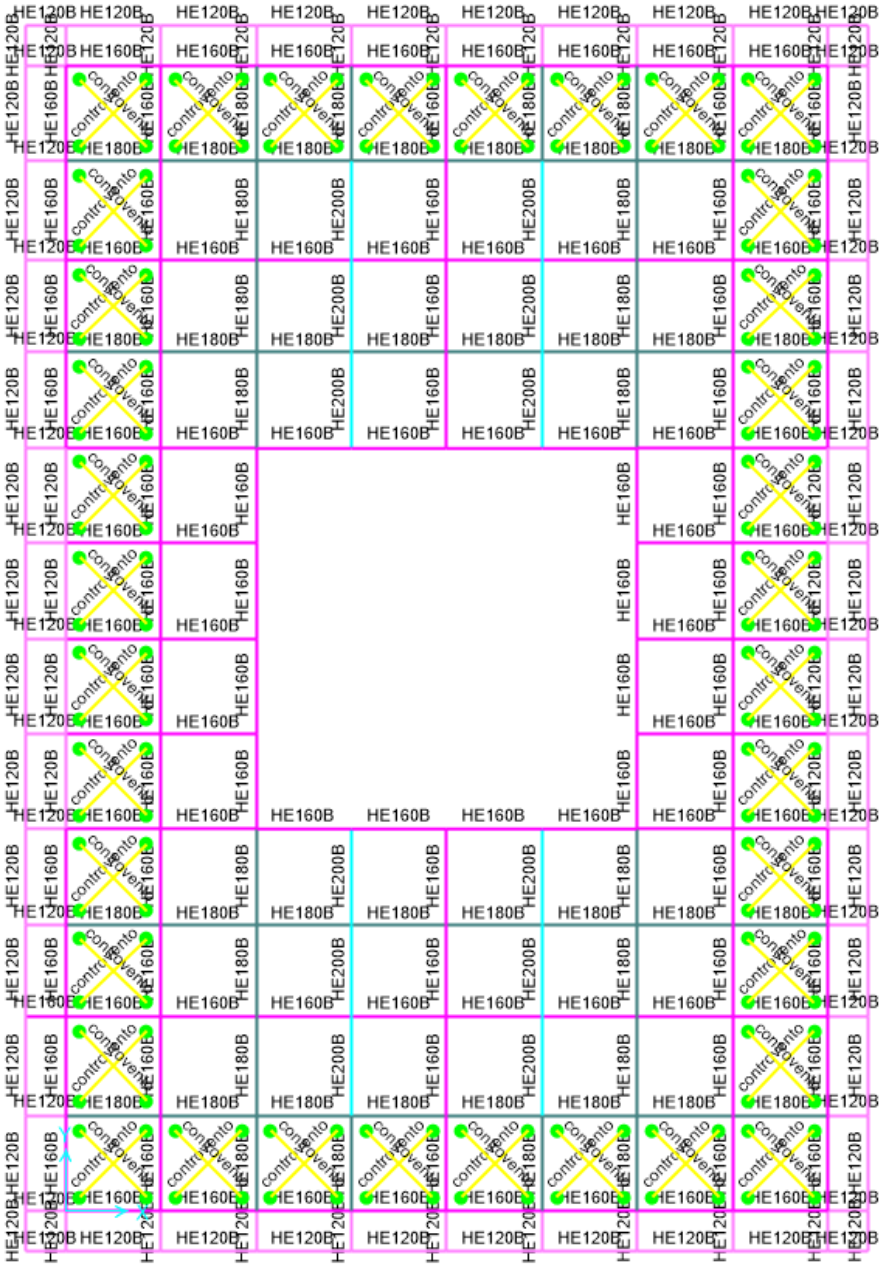


Figura 41: Modello agli elementi finiti della piastra – Pianta copertura

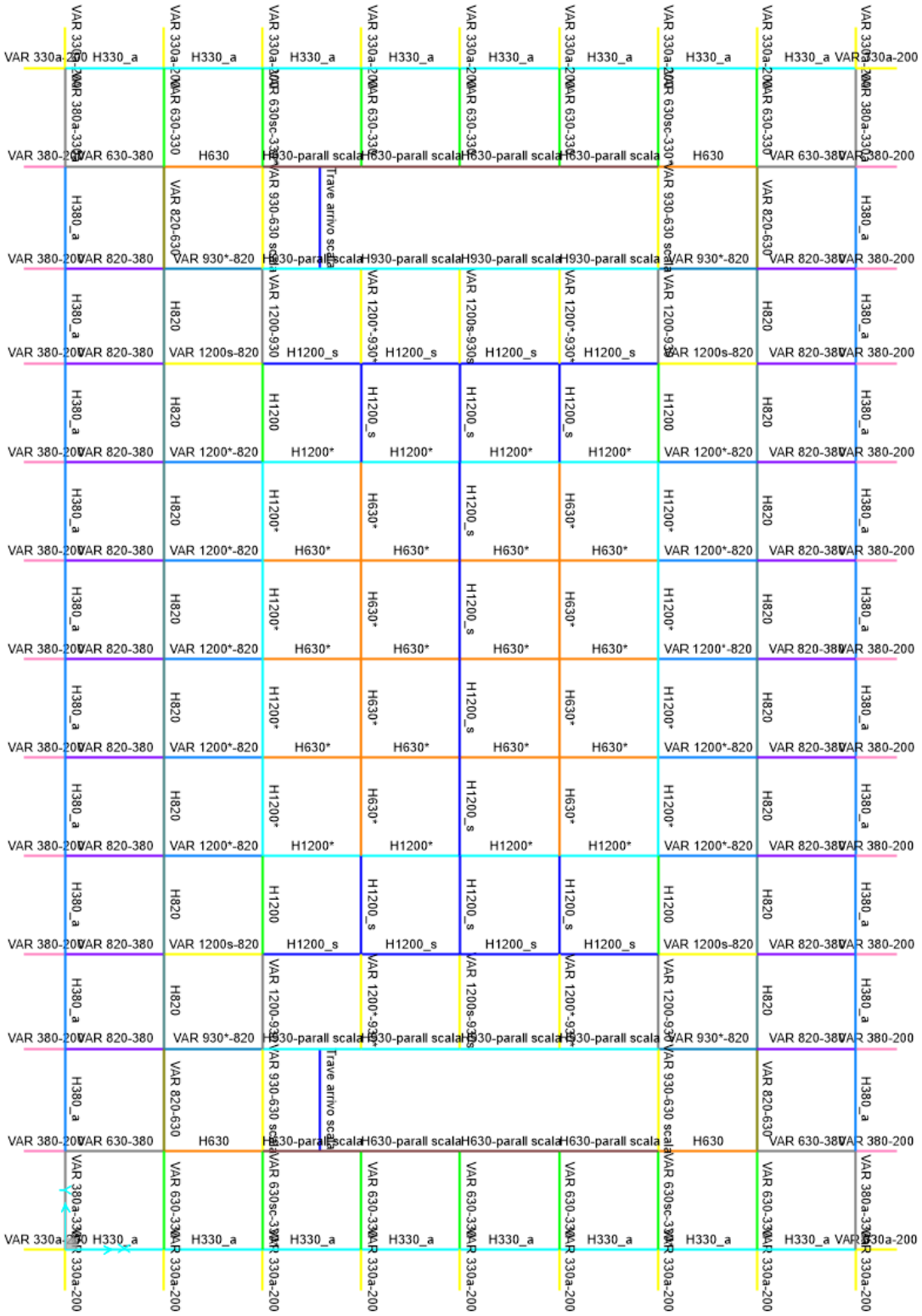


Figura 42: Modello agli elementi finiti della piastra – Pianta piastra

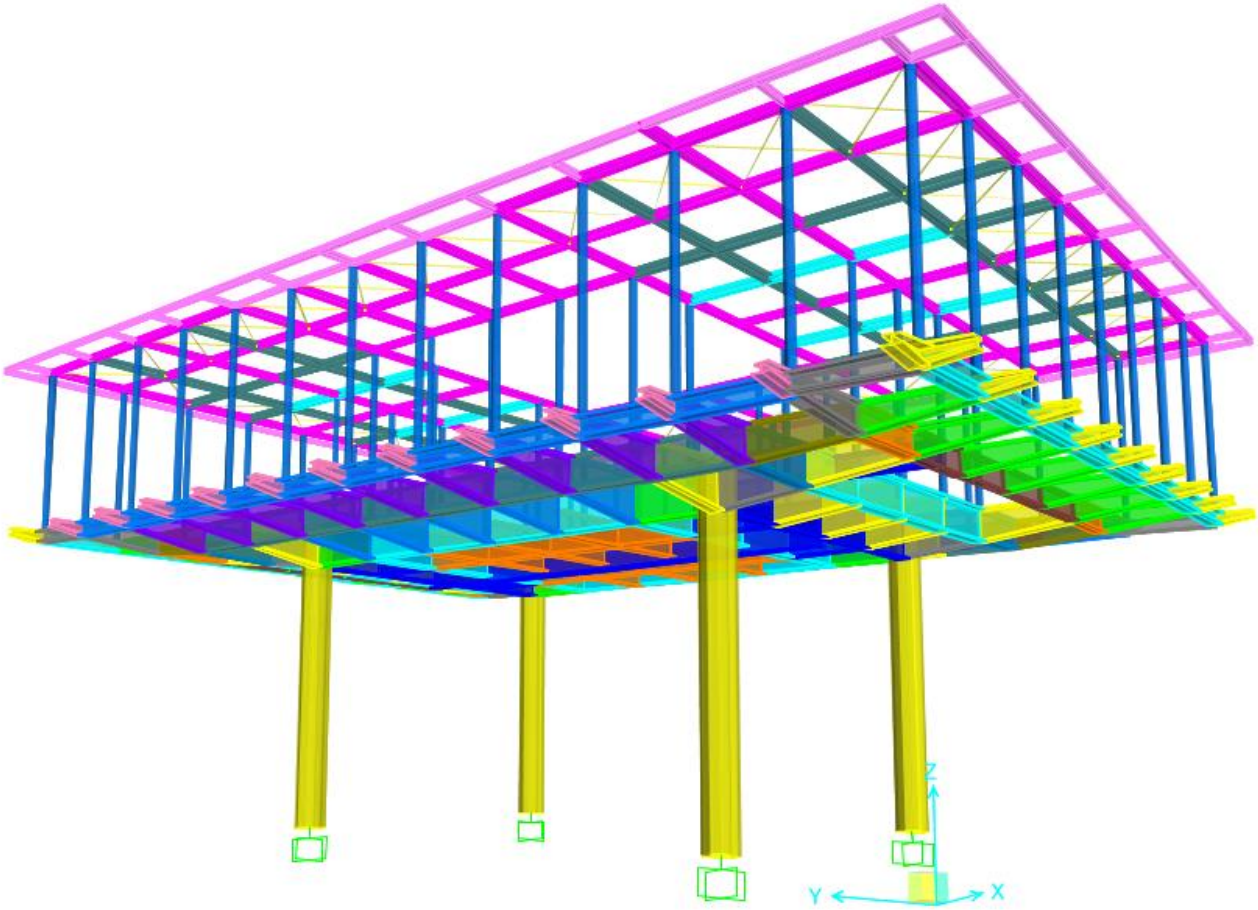


Figura 43: vista 3D estrusa

Le colonne inferiori non trasferiscono il momento nelle due direzioni alla struttura sovrastante.

10 ANALISI MODALE

La risposta dinamica della struttura in assenza di forzanti esterne è stata determinata mediante il metodo della analisi modale. Devono essere considerati tutti i modi con massa partecipante significativa. È opportuno a tal riguardo considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e un numero di modi la cui massa partecipante totale sia superiore allo 85%, come espresso nelle NTC18 al paragrafo 7.3.3.1.

Si riportano le principali forme modali della struttura.

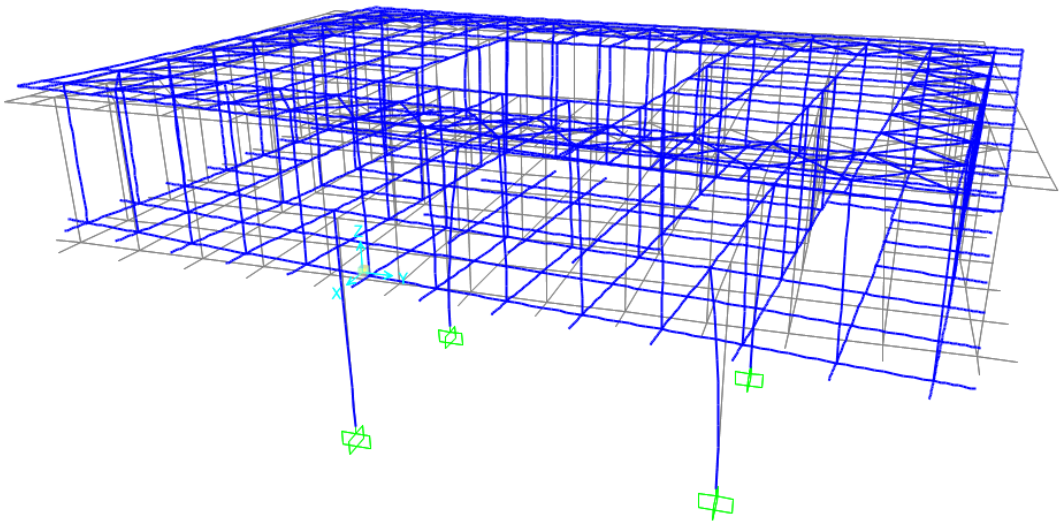


Figura 44: Forma modale 1 – T=1.06s

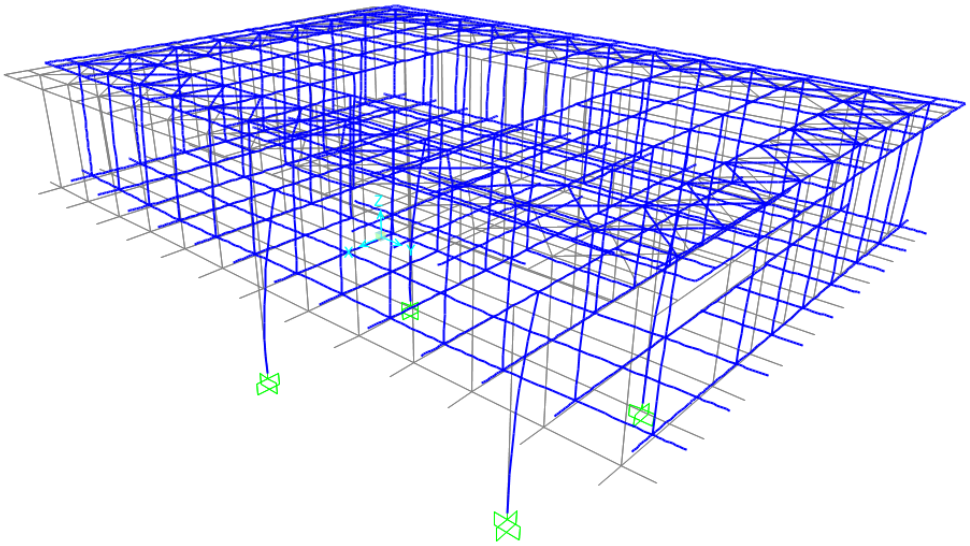


Figura 45: Forma modale 2 – T=0.96s

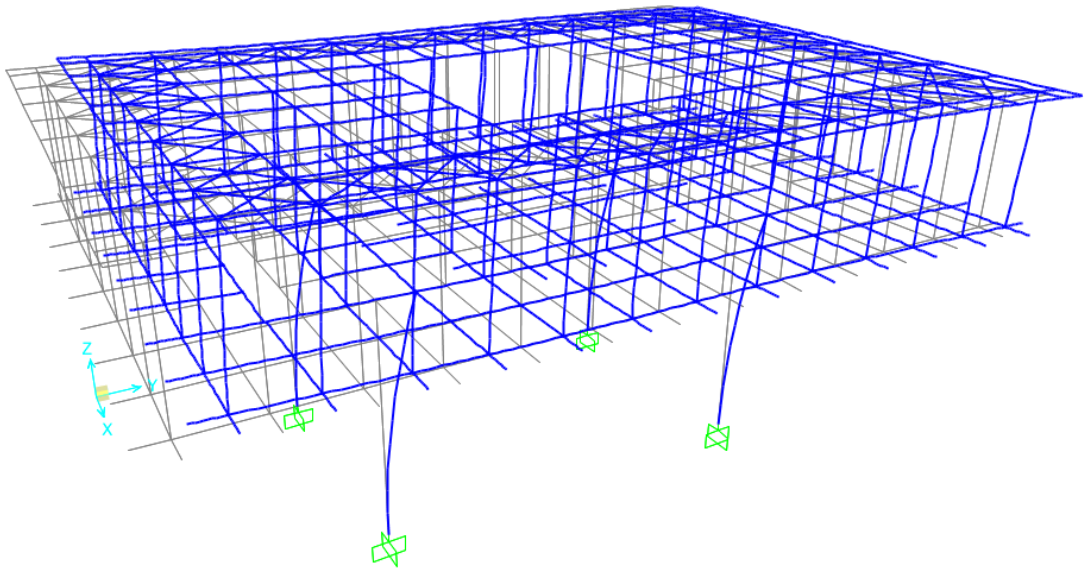


Figura 46: Forma modale 3 – T=0.95s

TABLE: Modal Participating Mass Ratios									
OutputCase	**StepType**	**StepNum**	**Period**	**UX**	**UY**	**UZ**	**SumUX**	**SumUY**	**SumUZ**
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	1.06	0.0%	0.2%	0.0%	0.0%	0.2%	0.0%
MODAL	Mode	2	0.96	99.5%	0.0%	0.0%	99.5%	0.2%	0.0%
MODAL	Mode	3	0.95	0.0%	99.2%	0.0%	99.5%	99.2%	0.0%
MODAL	Mode	60	0.08	0.0%	0.0%	8.2%	100.0%	100.0%	87.3%

11 ANALISI DEGLI SPOSTAMENTI

A seguire si riportano gli spostamenti dei nodi del modello.

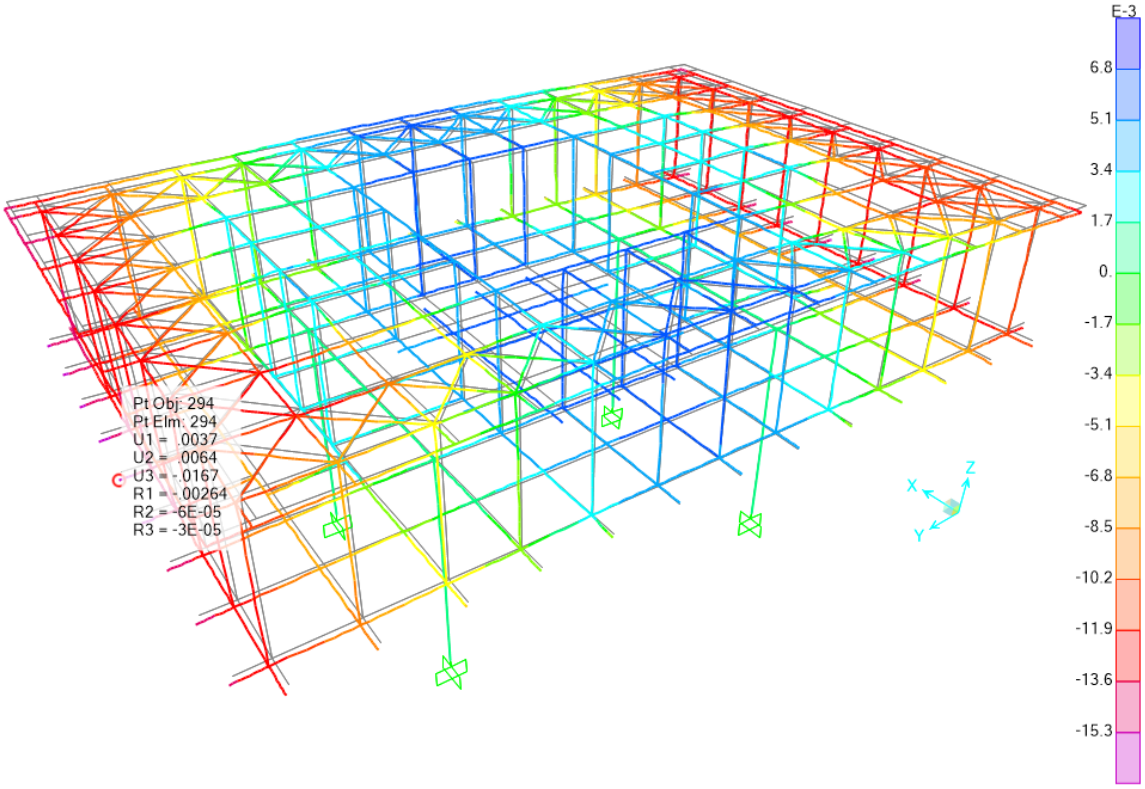


Figura 47: Massimi spostamenti per carichi accidentali

Gli spostamenti massimi sotto l'azione dei carichi accidentali di progetto nella combinazione SLE rara sono compatibili con quanto richiesto al §2.6.2.2.3 del MdP RFI, Parte II – Sezione 2:

$$f \leq L/700$$

dove

f = massima freccia verticale,

L = luce di calcolo.

Nel dettaglio:

L = 2 * L sbalzo = 2*8.20 m = 16.40 m

f sbalzo = 16.7 mm < 16.40 m / 700 = 23.4 mm

L campata = 14.40 m

f campata = 6.3 mm < 14.40 m / 700 = 20.6 mm

11.1 CONTROMONTA

La contromonta da applicare alle travi principali è determinata in modo da annullare gli abbassamenti della stessa struttura dovuti ai pesi propri strutturali e portati (G1+G2), come mostra l'andamento degli abbassamenti riportato a seguire.

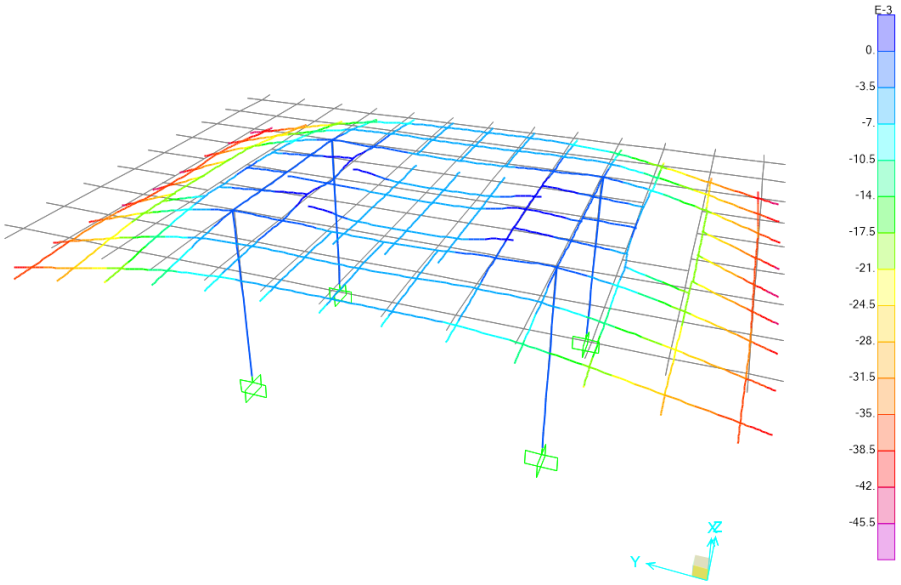


Figura 48: Abbassamenti per carchi G1+G2 grigliato inferiore

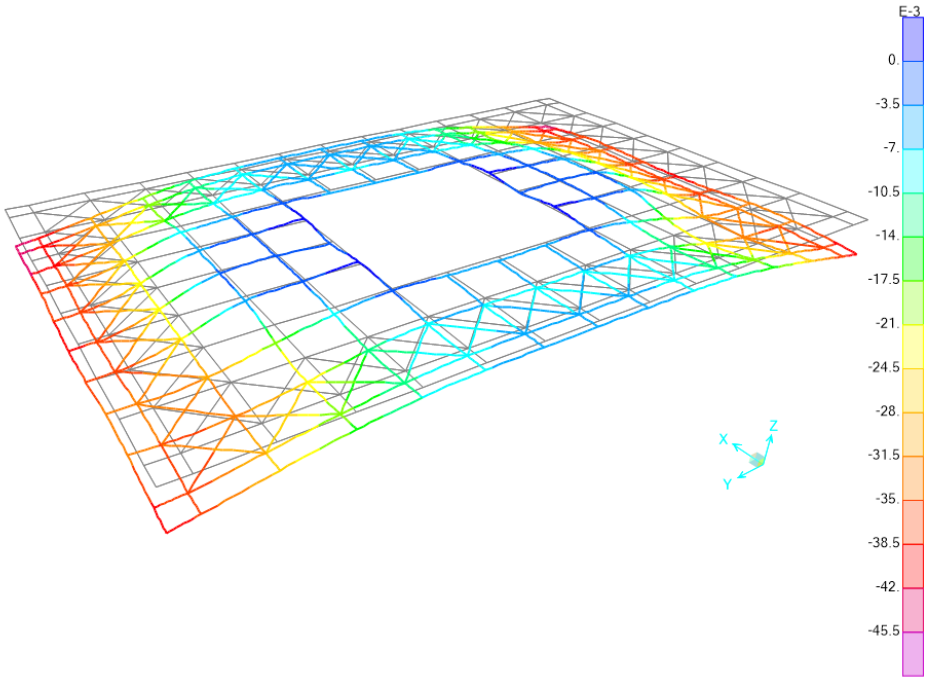


Figura 49: Abbassamenti per carchi G1+G2 grigliato superiore

12 SOLLECITAZIONI AGENTI

Di seguito si riportano in forma grafica e tabellare le sollecitazioni massime e minime per le combinazioni di carico considerate degli elementi principali della struttura (colonne inferiori e travi principali perpendicolari all'asse ferroviario).

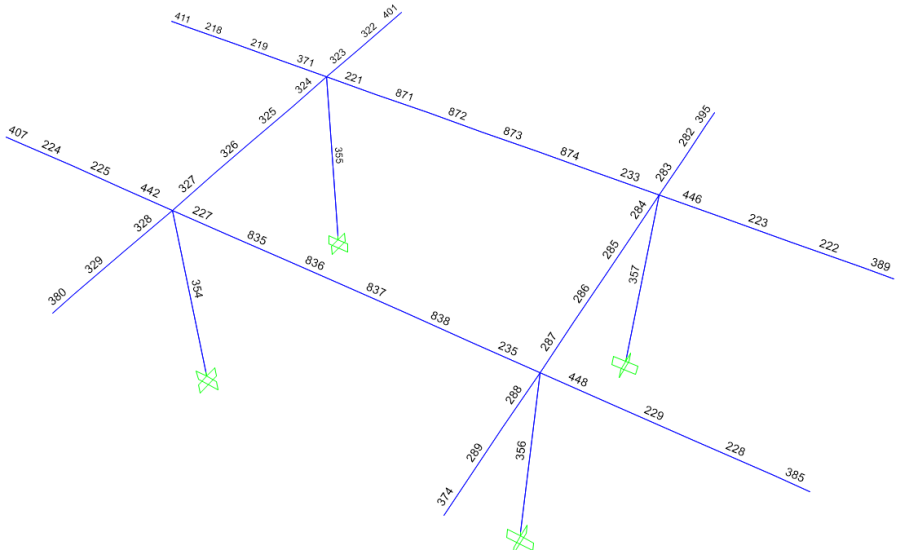


Figura 50: Elementi principali

12.1 COMBINAZIONI SLU E SLV

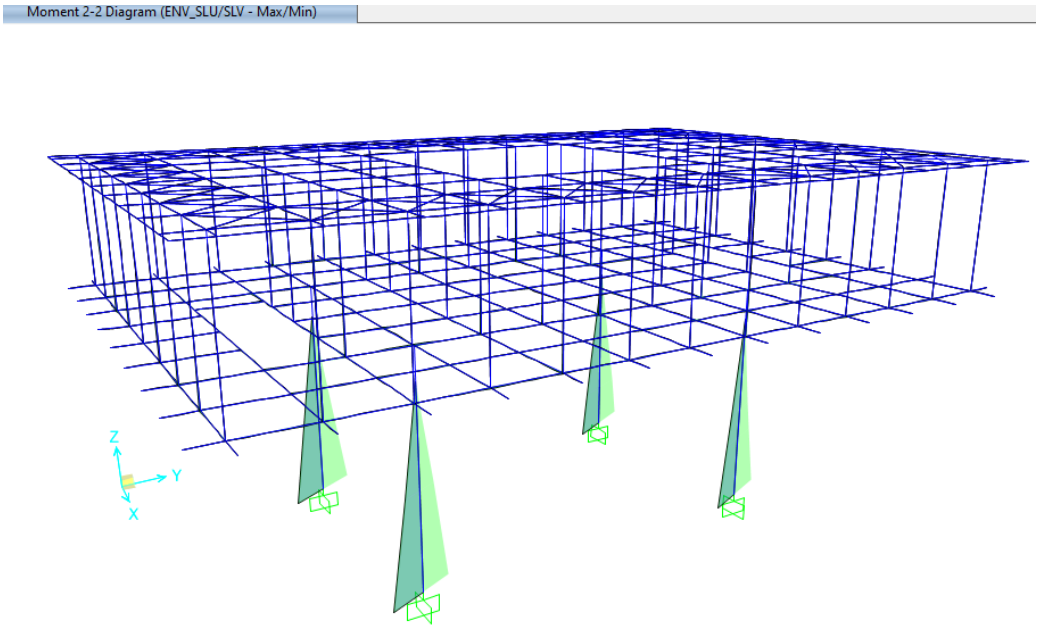


Figura 51: Sollecitazione M22 SLU/SLV – Inviluppo

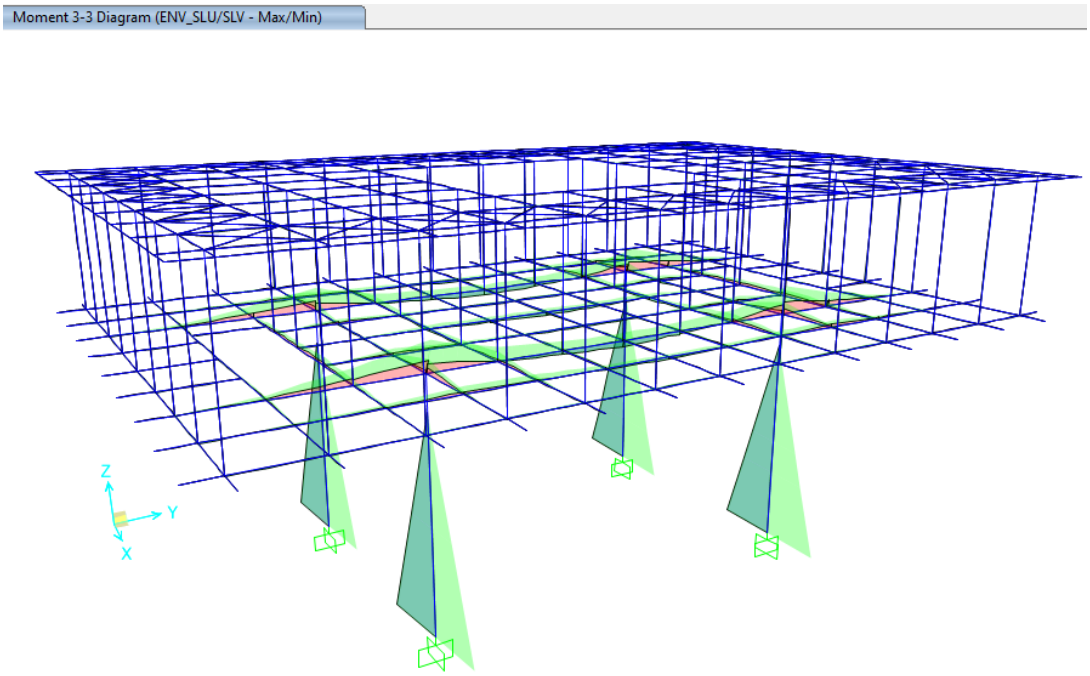


Figura 52: Sollecitazione M33 SLU/SLV – Inviluppo

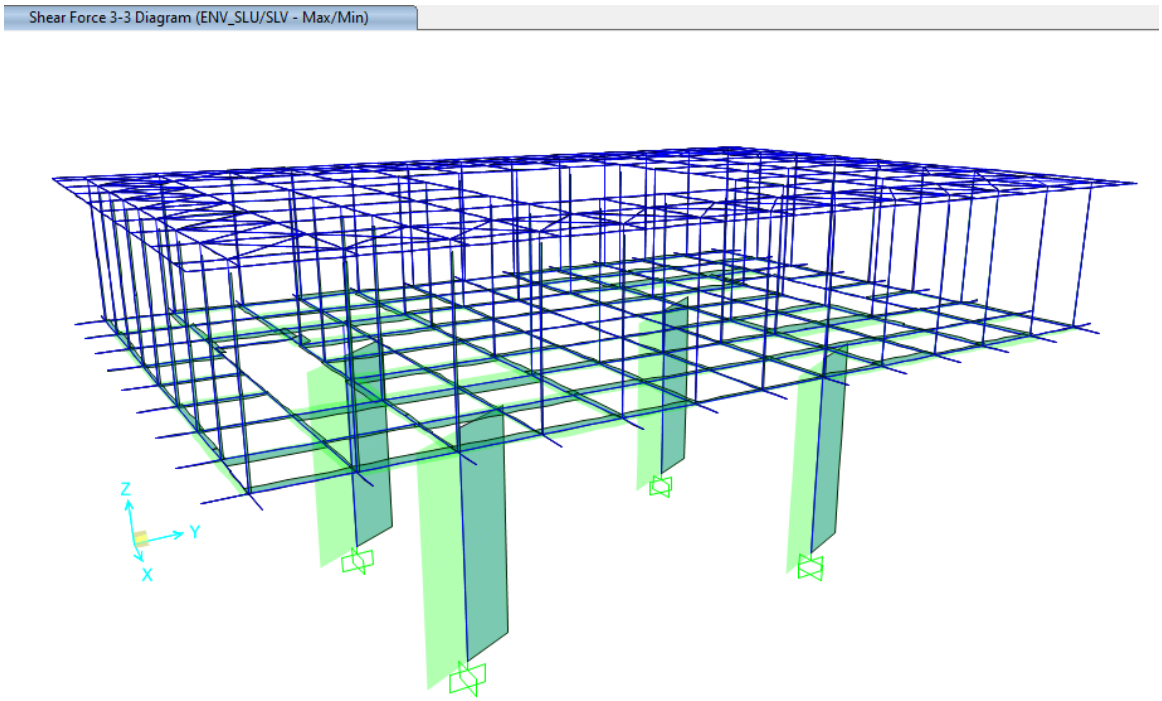


Figura 53: Sollecitazione V22 SLU/SLV – Inviluppo

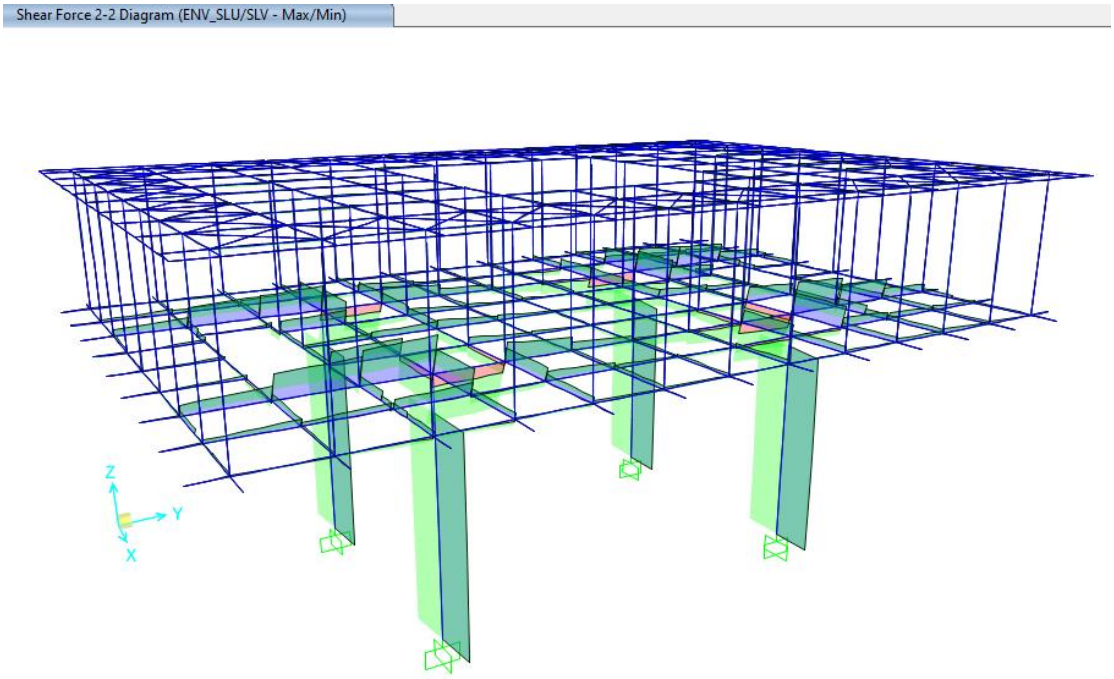


Figura 54: Sollecitazione V33 SLU/SLV – Inviluppo

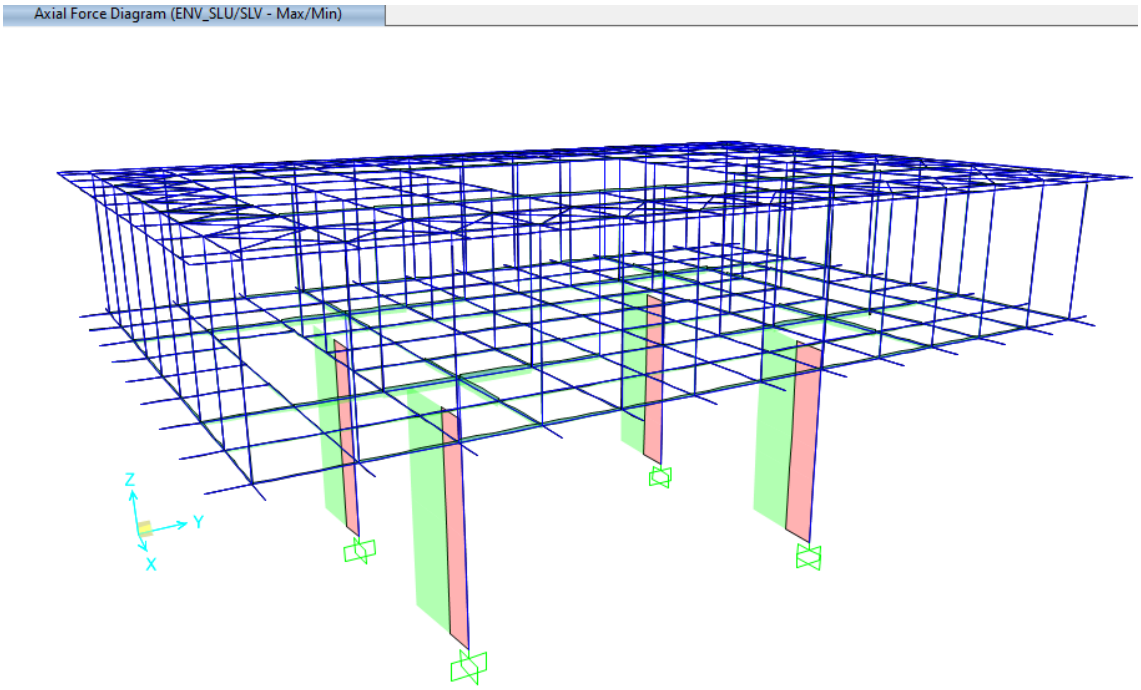


Figura 55: Sforzo assiale SLU/SLV – Inviluppo

Colonne: SLU - max								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_SLU	-3471	79	68	58	519	606
354	7.7	ENV_SLU	-3379	79	67	58	0	0
355	0	ENV_SLU	-3755	99	111	49	860	762
355	7.7	ENV_SLU	-3663	99	112	49	0	0
356	0	ENV_SLU	-2882	163	56	77	436	1259
356	7.7	ENV_SLU	-2790	163	57	77	0	0
357	0	ENV_SLU	-3069	184	119	85	914	1416
357	7.7	ENV_SLU	-2978	184	118	85	0	0

Colonne: SLU - min								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_SLU	-4714	-60	-54	13	-418	-459
354	7.7	ENV_SLU	-4622	-60	-55	13	0	0
355	0	ENV_SLU	-5029	-39	-55	10	-421	-300
355	7.7	ENV_SLU	-4937	-39	-54	10	0	0
356	0	ENV_SLU	-4395	-51	-73	-10	-561	-395
356	7.7	ENV_SLU	-4303	-51	-72	-10	0	0
357	0	ENV_SLU	-5014	-29	-65	-5	-506	-223
357	7.7	ENV_SLU	-4923	-29	-66	-5	0	0

Colonne: SLV - max								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_SLV	-2000	945	925	92	7121	7274
354	7.7	ENV_SLV	-1929	945	925	92	0	0
355	0	ENV_SLV	-2090	928	916	84	7054	7148
355	7.7	ENV_SLV	-2019	928	916	84	0	0
356	0	ENV_SLV	-1580	977	960	84	7389	7521
356	7.7	ENV_SLV	-1509	977	960	84	0	0
357	0	ENV_SLV	-1739	961	963	88	7412	7398
357	7.7	ENV_SLV	-1669	961	963	88	0	0

Colonne: SLV - min								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_SLV	-3630	-933	-978	-44	-7527	-7181
354	7.7	ENV_SLV	-3560	-933	-978	-44	0	0
355	0	ENV_SLV	-3928	-948	-939	-43	-7227	-7299
355	7.7	ENV_SLV	-3858	-948	-939	-43	0	0
356	0	ENV_SLV	-3398	-901	-946	-38	-7286	-6939
356	7.7	ENV_SLV	-3327	-901	-946	-38	0	0
357	0	ENV_SLV	-3693	-916	-903	-34	-6952	-7051
357	7.7	ENV_SLV	-3622	-916	-903	-34	0	0

Travi principali: SLU - max								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_SLU	-95	-1183	3	1	3	-4411
221	2.4	ENV_SLU	-95	-1097	3	1	42	-845
227	0	ENV_SLU	-22	-1121	12	0	13	-4101
227	2.4	ENV_SLU	-22	-1035	12	0	28	-650
233	0	ENV_SLU	-77	-983	27	0	26	-3775
233	2.4	ENV_SLU	-77	-897	27	0	14	-614
235	0	ENV_SLU	-19	-932	15	1	15	-3675
235	2.4	ENV_SLU	-19	-846	15	1	29	-526
371	0	ENV_SLU	-132	1187	-9	2	-8	-2228
371	2.3	ENV_SLU	-136	1309	-9	2	74	-4429
442	0	ENV_SLU	-67	984	49	-1	64	-2281
442	2.3	ENV_SLU	-72	1107	49	-1	10	-4117
446	0	ENV_SLU	-138	1169	49	-1	61	-1989
446	2.3	ENV_SLU	-142	1291	49	-1	58	-3785
448	0	ENV_SLU	-62	897	2	1	6	-2054
448	2.3	ENV_SLU	-66	1019	2	1	117	-3716
837	0	ENV_SLU	-18	100	6	0	6	1260
837	2.4	ENV_SLU	-18	286	6	0	3	810
873	0	ENV_SLU	-93	103	6	0	9	1132
873	2.4	ENV_SLU	-93	290	6	0	11	708

Travi principali: SLU - min								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_SLU	-193	-1763	-39	0	-53	-5895
221	2.4	ENV_SLU	-193	-1634	-39	0	-5	-2673
227	0	ENV_SLU	-124	-1745	-22	-1	-35	-5620
227	2.4	ENV_SLU	-124	-1616	-22	-1	-28	-2465
233	0	ENV_SLU	-172	-1753	-11	-1	-12	-5778
233	2.4	ENV_SLU	-172	-1624	-11	-1	-38	-2573
235	0	ENV_SLU	-125	-1645	-23	0	-26	-4931
235	2.4	ENV_SLU	-125	-1516	-23	0	-22	-2093
371	0	ENV_SLU	-218	908	-76	1	-102	-3001
371	2.3	ENV_SLU	-225	989	-76	1	13	-5843
442	0	ENV_SLU	-174	757	-10	-1	-12	-3202
442	2.3	ENV_SLU	-181	838	-10	-1	-49	-5598
446	0	ENV_SLU	-273	739	-32	-2	-16	-2996
446	2.3	ENV_SLU	-280	820	-32	-2	-51	-5829
448	0	ENV_SLU	-164	653	-81	1	-71	-2759
448	2.3	ENV_SLU	-171	734	-81	1	0	-4902
837	0	ENV_SLU	-132	-25	-4	0	-7	-1156
837	2.4	ENV_SLU	-132	59	-4	0	-9	-1336
873	0	ENV_SLU	-164	-14	-7	0	-6	-1473
873	2.4	ENV_SLU	-164	70	-7	0	-5	-1722

Travi principali: SLV - max								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_SLV	355	-556	162	1	234	-1991
221	2.4	ENV_SLV	355	-490	162	1	177	-162
227	0	ENV_SLV	400	-552	172	0	239	-1935
227	2.4	ENV_SLV	400	-486	172	0	172	-105
233	0	ENV_SLV	366	-461	178	0	250	-1660
233	2.4	ENV_SLV	366	-396	178	0	170	-28
235	0	ENV_SLV	405	-424	167	1	239	-1529
235	2.4	ENV_SLV	405	-358	167	1	170	43
371	0	ENV_SLV	276	930	143	2	132	-1237
371	2.3	ENV_SLV	272	1009	143	2	266	-2591
442	0	ENV_SLV	358	773	137	0	99	-1362
442	2.3	ENV_SLV	354	852	137	0	200	-2545

446	0	ENV_SLV	287	841	133	0	100	-1098
446	2.3	ENV_SLV	283	920	133	0	208	-2249
448	0	ENV_SLV	366	703	107	1	71	-1135
448	2.3	ENV_SLV	363	782	107	1	248	-2127
837	0	ENV_SLV	88	186	32	0	51	1062
837	2.4	ENV_SLV	88	321	32	0	21	819
873	0	ENV_SLV	38	189	34	0	56	986
873	2.4	ENV_SLV	38	323	34	0	31	747

Travi principali: SLV - min								
Frame	**Station**	**OutputCase**	**P**	**V2**	**V3**	**T**	**M2**	**M3**
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_SLV	-507	-1476	-181	0	-259	-5067
221	2.4	ENV_SLV	-507	-1393	-181	0	-158	-2211
227	0	ENV_SLV	-465	-1436	-175	-1	-250	-4736
227	2.4	ENV_SLV	-465	-1353	-175	-1	-174	-1980
233	0	ENV_SLV	-496	-1406	-174	-1	-249	-4687
233	2.4	ENV_SLV	-496	-1323	-174	-1	-179	-1994
235	0	ENV_SLV	-474	-1364	-175	0	-251	-4279
235	2.4	ENV_SLV	-474	-1281	-175	0	-163	-1714
371	0	ENV_SLV	-531	494	-205	1	-208	-2408
371	2.3	ENV_SLV	-535	556	-205	1	-201	-4488
442	0	ENV_SLV	-545	415	-116	-1	-69	-2452
442	2.3	ENV_SLV	-550	478	-116	-1	-217	-4164
446	0	ENV_SLV	-548	399	-119	-2	-70	-2280
446	2.3	ENV_SLV	-552	461	-119	-2	-208	-4148
448	0	ENV_SLV	-513	330	-155	0	-110	-2149
448	2.3	ENV_SLV	-517	392	-155	0	-177	-3697
837	0	ENV_SLV	-160	-128	-30	0	-51	-847
837	2.4	ENV_SLV	-160	-64	-30	0	-25	-1034
873	0	ENV_SLV	-173	-127	-36	0	-56	-1086
873	2.4	ENV_SLV	-173	-63	-36	0	-26	-1287

12.2 COMBINAZIONE ECCEZIONALE (URTO)

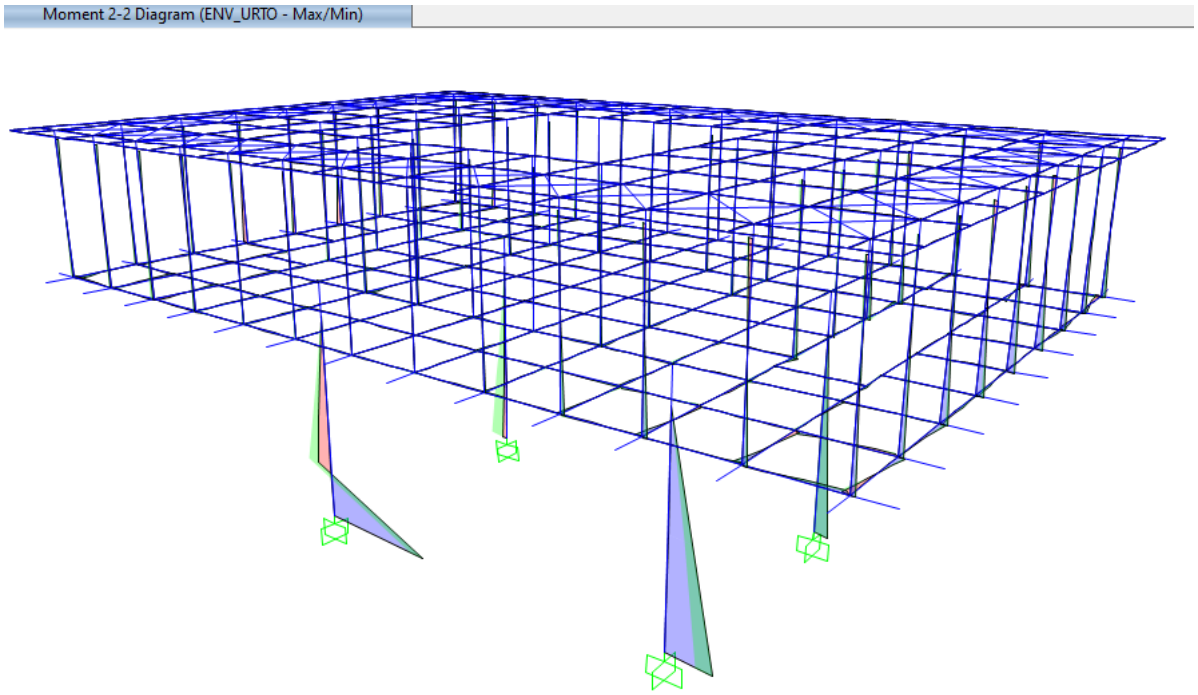


Figura 56: Sollecitazione M22 ECC – Inviluppo

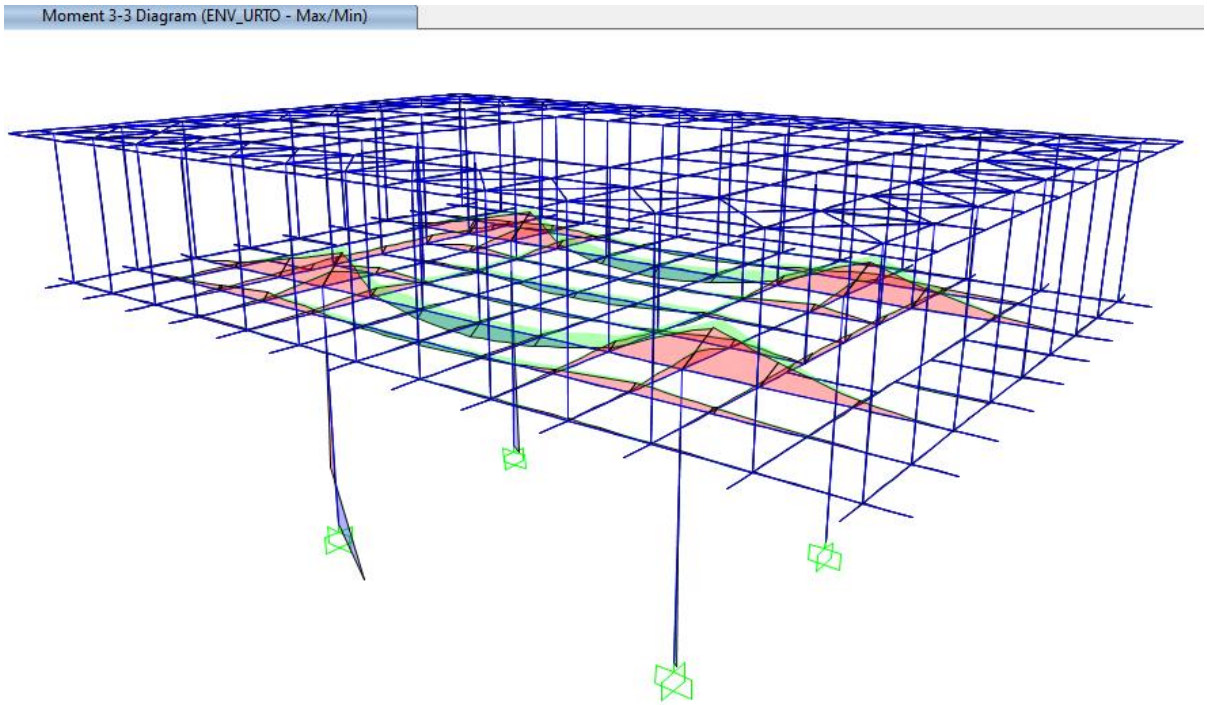


Figura 57: Sollecitazione M33 ECC – Inviluppo

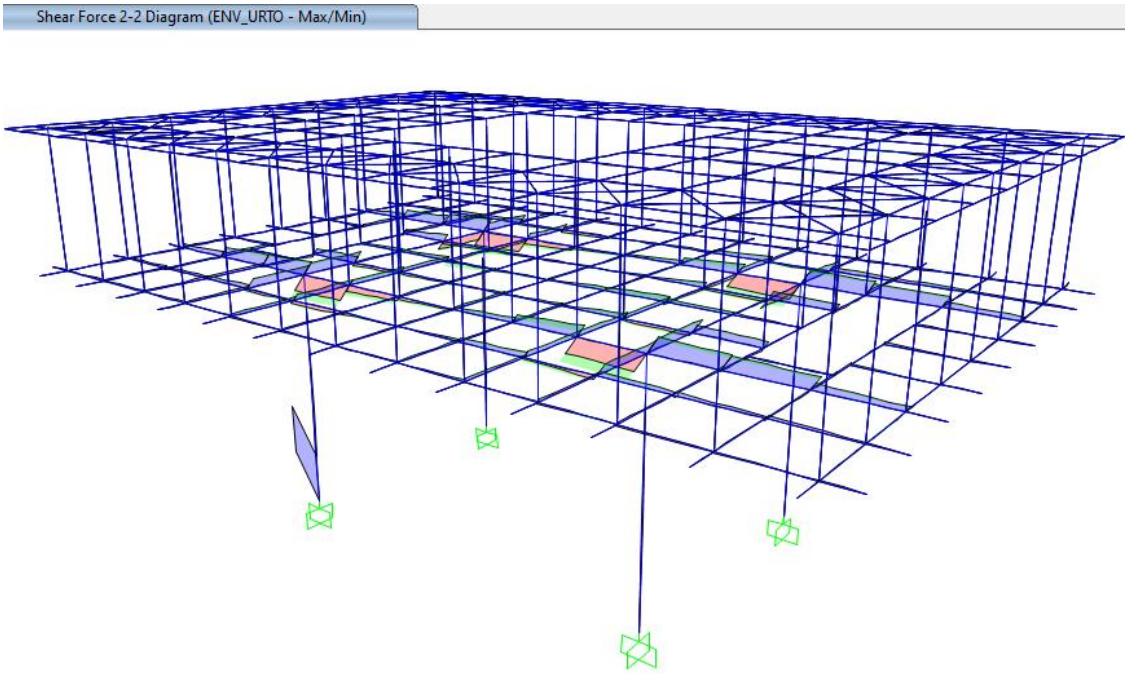


Figura 58: Sollecitazione V22 ECC – Inviluppo

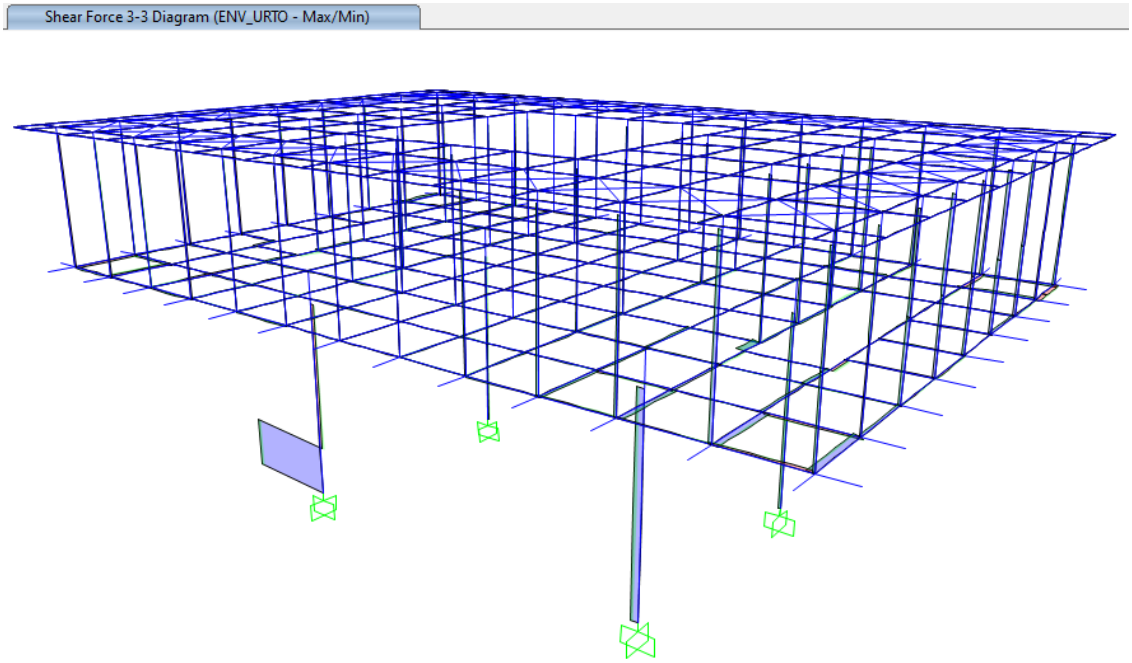


Figura 59: Sollecitazione V33 ECC – Inviluppo

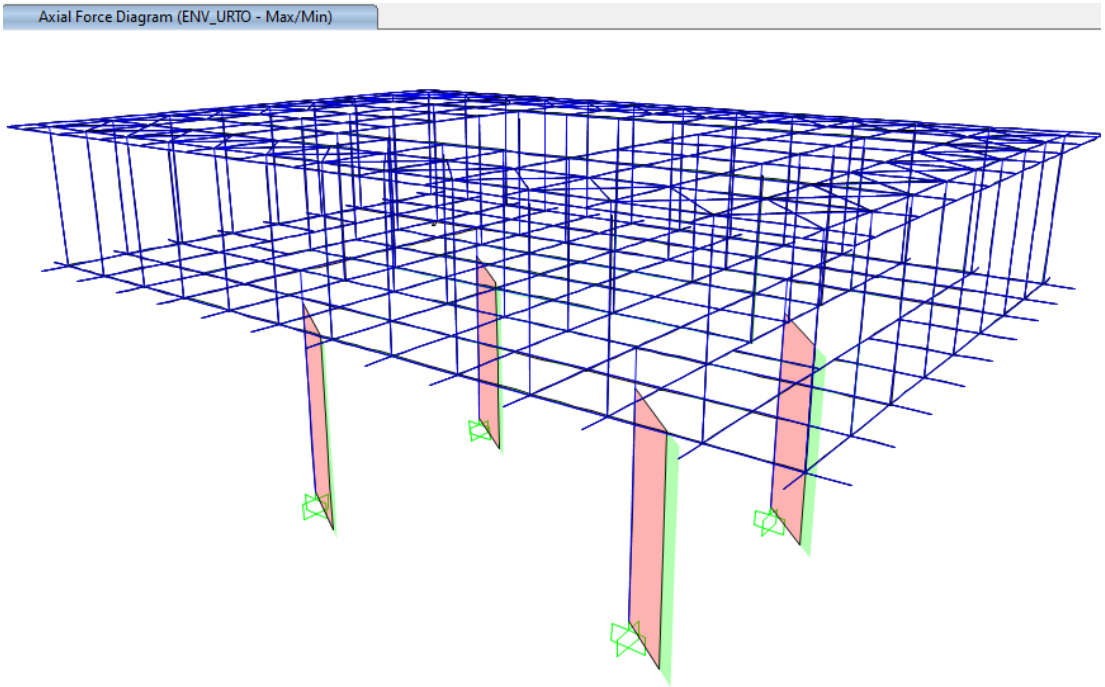


Figura 60: Sforzo assiale ECC – Inviluppo

Colonne: URTO - max								
Frame	**Station**	**OutputCase**	**P**	**V2**	**V3**	**T**	**M2**	**M3**
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_URTO	-4645	3822	1437	-80	2406	6332
354	7.6	ENV_URTO	-4504	-178	-63	-80	0	0
355	0	ENV_URTO	-4785	147	-16	-84	-120	1129
355	7.6	ENV_URTO	-4644	147	-16	-84	0	0
356	0	ENV_URTO	-4250	36	117	-87	904	276
356	7.6	ENV_URTO	-4109	36	117	-87	0	0
357	0	ENV_URTO	-4391	6	35	-84	272	48
357	7.6	ENV_URTO	-4251	6	35	-84	0	0

Colonne: URTO - min								
Frame	**Station**	**OutputCase**	**P**	**V2**	**V3**	**T**	**M2**	**M3**
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
354	0	ENV_URTO	-5730	3817	1400	-89	2122	6295
354	7.7	ENV_URTO	-5589	-183	-100	-89	0	0
355	0.0	ENV_URTO	-5913	142	-53	-89	-408	1093
355	7.7	ENV_URTO	-5772	142	-53	-89	0	0
356	0.0	ENV_URTO	-5722	30	80	-96	620	233

356	7.7	ENV_URTO	-5581	30	80	-96	0	0
357	0.0	ENV_URTO	-5908	0	-2	-91	-16	2
357	7.7	ENV_URTO	-5767	0	-2	-91	0	0

Travi principali: URTO - max								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_URTO	-107	-1562	28	1	42	-5332
221	2.4	ENV_URTO	-107	-1430	28	1	18	-681
227	0	ENV_URTO	25	-1550	34	0	54	-5254
227	2.4	ENV_URTO	25	-1419	34	0	14	-605
233	0	ENV_URTO	-108	-1463	33	0	51	-5169
233	2.4	ENV_URTO	-108	-1331	33	0	13	-692
235	0	ENV_URTO	31	-1444	38	1	54	-5047
235	2.4	ENV_URTO	31	-1312	38	1	4	-591
371	0	ENV_URTO	-204	1236	8	2	-1	-2757
371	2.3	ENV_URTO	-211	1394	8	2	22	-5364
442	0	ENV_URTO	-136	1103	44	-1	39	-2964
442	2.3	ENV_URTO	-143	1261	44	-1	-30	-5314
446	0	ENV_URTO	-198	1207	59	-1	61	-2750
446	2.3	ENV_URTO	-204	1365	59	-1	-41	-5196
448	0	ENV_URTO	-139	1106	11	2	8	-2884
448	2.3	ENV_URTO	-146	1264	11	2	14	-5131
837	0	ENV_URTO	26	149	13	0	13	1966
837	2.4	ENV_URTO	26	418	13	0	-9	1286
873	0	ENV_URTO	-103	148	5	0	9	1877
873	2.4	ENV_URTO	-103	417	5	0	6	1199

Travi principali: URTO - min								
Frame	Station	OutputCase	P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text	KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	ENV_URTO	-156	-2220	-1	0	15	-6297
221	2.4	ENV_URTO	-156	-2054	-1	0	-25	-2256
227	0	ENV_URTO	-66	-2209	5	-1	26	-6178
227	2.4	ENV_URTO	-66	-2042	5	-1	-28	-2178
233	0	ENV_URTO	-165	-2233	4	-1	23	-6335
233	2.4	ENV_URTO	-165	-2067	4	-1	-29	-2255
235	0	ENV_URTO	-60	-2204	9	0	26	-6152
235	2.4	ENV_URTO	-60	-2037	9	0	-37	-2164

371	0	ENV_URTO	-237	1070	-42	1	-75	-3303
371	2.3	ENV_URTO	-245	1195	-42	1	-19	-6319
442	0	ENV_URTO	-181	958	10	-2	-8	-3515
442	2.3	ENV_URTO	-189	1083	10	-2	-62	-6228
446	0	ENV_URTO	-231	1000	23	-2	11	-3382
446	2.3	ENV_URTO	-239	1125	23	-2	-76	-6343
448	0	ENV_URTO	-189	913	-20	1	-33	-3486
448	2.3	ENV_URTO	-198	1038	-20	1	-16	-6215
837	0	ENV_URTO	-84	57	5	0	3	-599
837	2.4	ENV_URTO	-84	184	5	0	-18	-991
873	0	ENV_URTO	-171	53	-3	0	0	-690
873	2.4	ENV_URTO	-171	181	-3	0	-3	-1077

13 VERIFICHE STRUTTURALI

Le verifiche riportate di seguito sono di tipo grafico, condotte attraverso il programma sulla base della normativa di riferimento. Dall'inviluppo delle sollecitazioni scaturenti da tutte le combinazioni viene eseguita la verifica di ogni singolo elemento della struttura. Ad ognuno di essi viene associato un valore dato dal rapporto fra le sollecitazioni agenti (combinate fra loro) più limitanti e quelle resistenti. Se tale valore (coefficiente di verifica) è compreso fra 0 ed 1 il singolo elemento risulta essere verificato. Nella legenda delle immagini di verifica è riportata una mappa cromatica associata all'immagine con il relativo coefficiente di verifica.

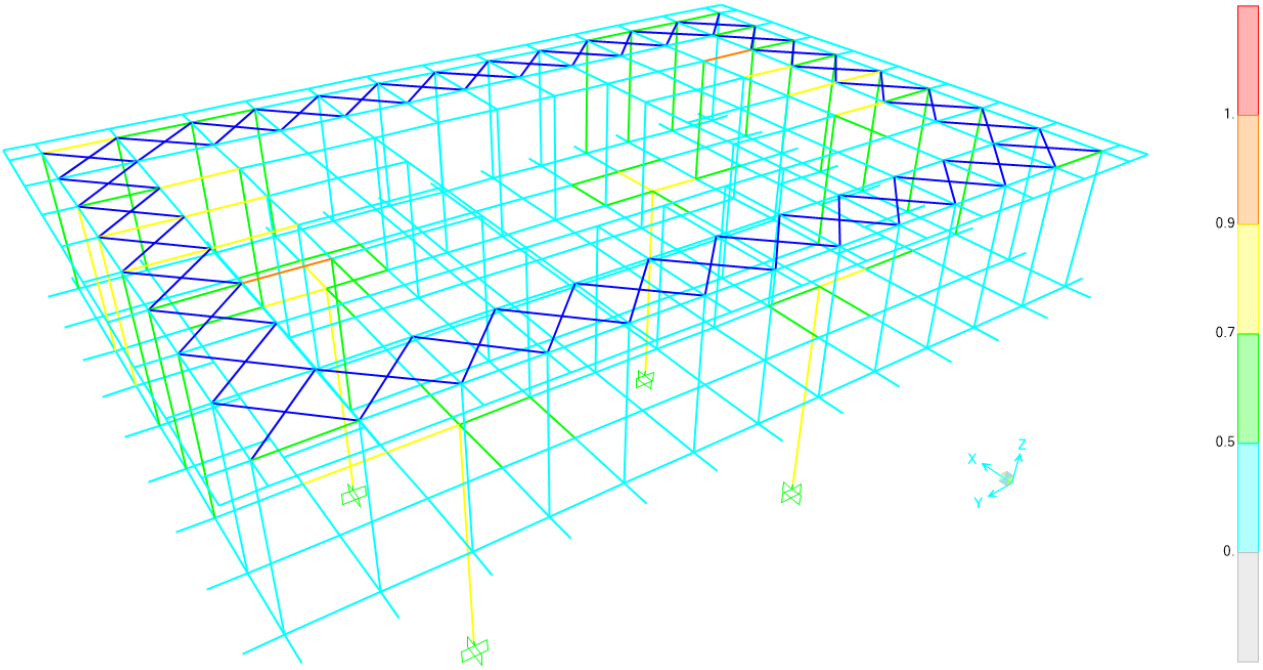


Figura 61: Verifica grafica globale – vista 3D

Come si può osservare in ogni punto la struttura risulta verificata.

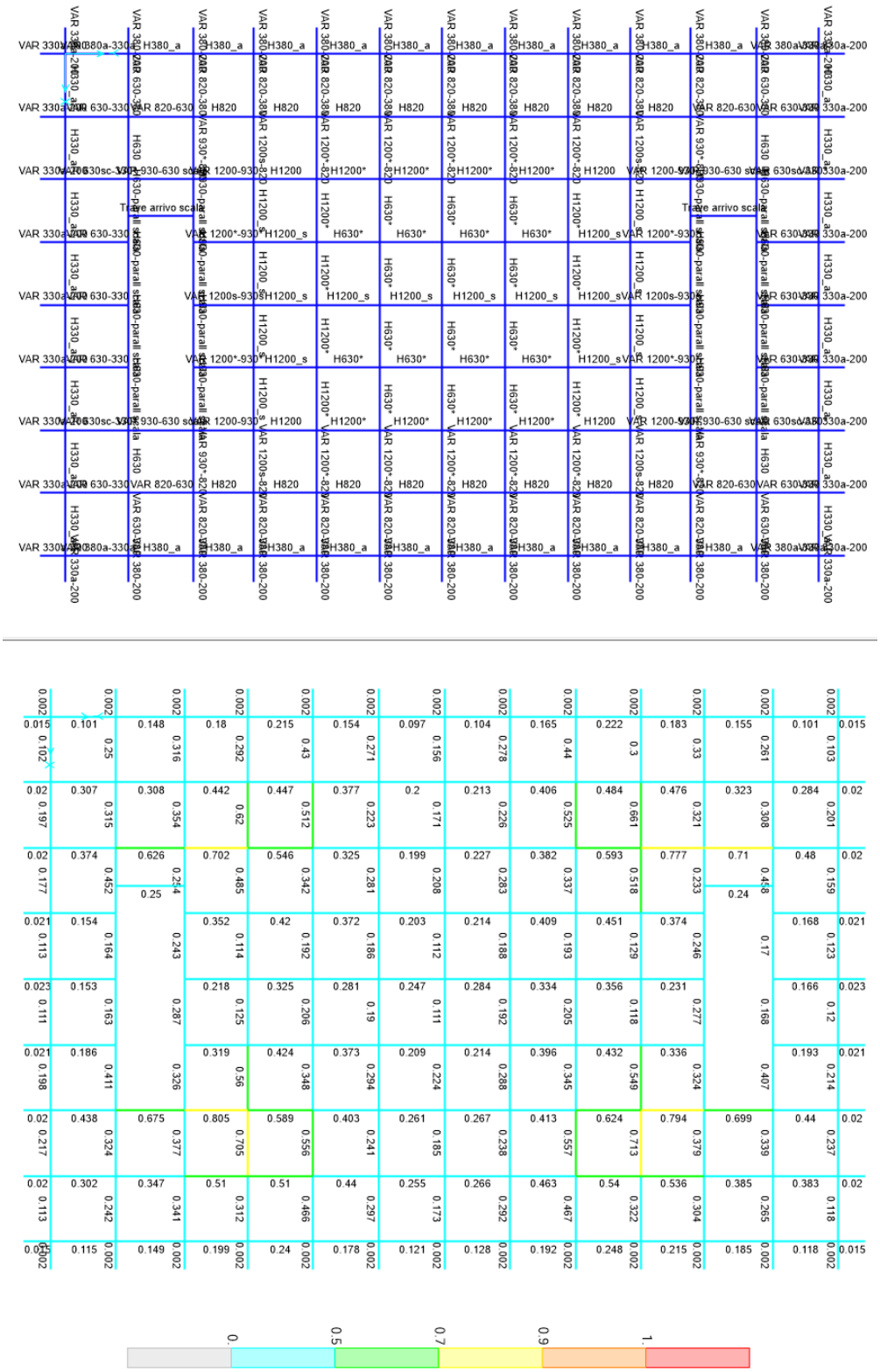


Figura 62: Dettaglio risultati verifica grafica piastra

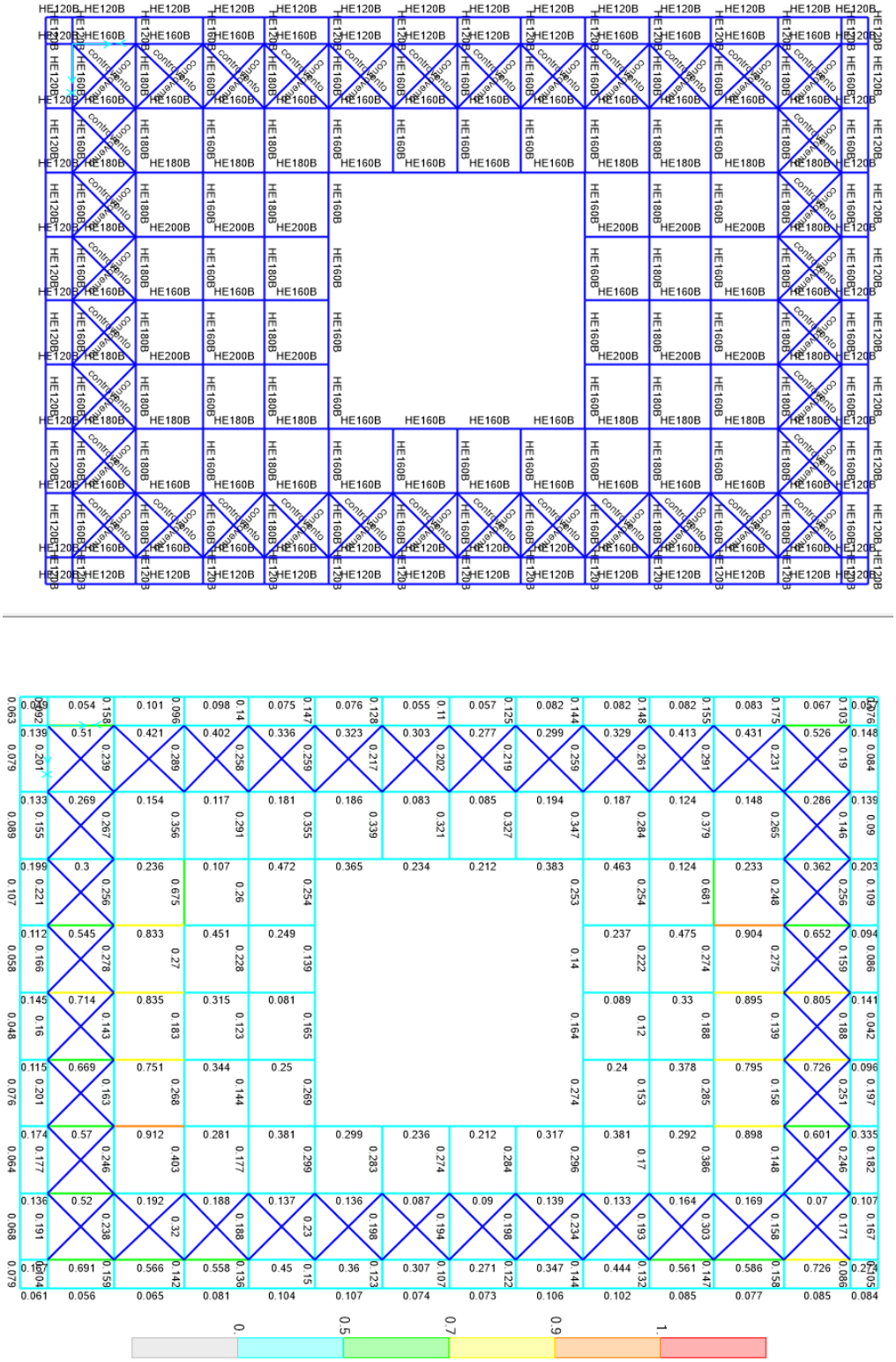
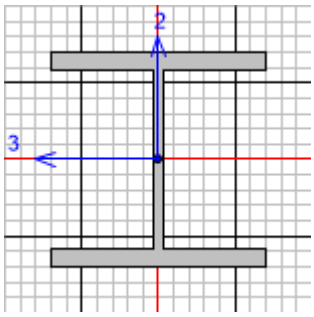


Figura 63: Dettaglio risultati verifica grafica copertura

Seguono, a titolo di esempio di come il programma verifica ogni sezione, i dettagli del calcolo delle aste maggiormente sollecitate.

13.1 Trave HE 160 B (copertura)




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  187      X Mid:  9.6       Combo:  SLU3            Design Type:  Beam
 Length:  2.5      Y Mid:  25.15     Shape:  HE160B          Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.5      Z Mid:  13.95     Class:  Class 1         Rolled : Yes

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? Yes

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.005        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.005           Iyy=2.492E-05     iyy=0.068         Wel,yy=3.115E-04    Weff,yy=3.115E-04
 It=0.             Izz=8.890E-06     izz=0.04          Wel,zz=1.111E-04    Weff,zz=1.111E-04
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.16            Wpl,yy=3.540E-04    Av,y=0.004
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=1.700E-04    Av,z=0.002


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.5             -18.128      -3.742       0.226      30.314      -0.002      -0.009

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.895 = 0.015 + 0.877 + 0.004   <          1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                           Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                         Force    Capacity    Capacity
     Axial            -18.128    1835.857    1835.857

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                     1835.857    1993.896    6617.998    6617.998          1.

                 Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)     b    0.34    8263.938       0.483       0.665       0.892       1637.
     MajorB(y-y)     b    0.34    8263.938       0.483       0.665       0.892       1637.
```

Minor (z-z)	c	0.49	2948.09	0.809	0.976	0.657	1205.685
MinorB(z-z)	c	0.49	2948.09	0.809	0.976	0.657	1205.685
Torsional TF	c	0.49	6617.998	0.54	0.729	0.821	1506.372

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-3.742	-85.126	-32.49	-63.845
Minor (z-z)	0.226	0.354	0.183	0.217

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	119.686	119.686	119.686	96.598
Minor (z-z)	57.476	57.476	57.476	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	b	0.34	0.658	0.794	0.807	0.	290.6

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.132	0.459	0.525

za	zs	zg	zz	zj
0.08	0.	0.08	0.	0.

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.481	0.374	0.995	0.623

SHEAR DESIGN

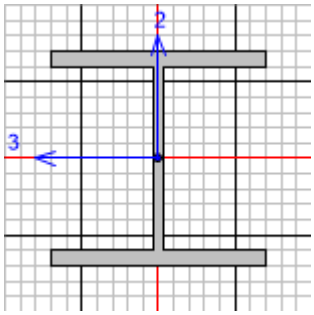
	Ved Force	Ted Torsion	Vpl.Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	30.314	0.009	344.332	1.	0.088	OK
Minor (y)	0.255	0.009	850.678	1.	0.	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	344.332	1.	0.233

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	26.048	51.07

13.2 Trave HE 180 B (copertura)



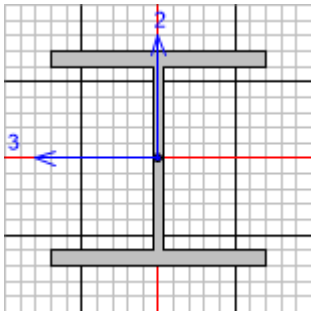
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	156	X Mid:	14.4	Combo:	SLU8	Design Type:	Beam
Length:	2.5	Y Mid:	3.65	Shape:	HE180B	Frame Type:	Non Dissipative

```
Loc    :  1.5      Z Mid:  13.95     Class:  Class 1         Rolled : Yes

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes

GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

Aeff=0.007        eNy=0.            eNz=0.
A=0.007           Iyy=3.831E-05     iyy=0.077         Wel,yy=4.257E-04    Weff,yy=4.257E-04
It=0.             Izz=1.363E-05     izz=0.046         Wel,zz=1.514E-04    Weff,zz=1.514E-04
Iw=0.             Iyz=0.            h=0.18            Wpl,yy=4.810E-04    Av,y=0.005
E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=2.310E-04    Av,z=0.002


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    1.5               63.248     -17.735      -0.869     -59.862       0.557      -0.015

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)
    D/C Ratio:    0.912 = 0.89 + 0.023 + 0.   <           1.          OK
                        = (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
                            + (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed/(Mz,Rk/2.0*GammaM1))       (BS EN 1993-6
Annex A)

AXIAL FORCE DESIGN
                        Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                      Force    Capacity    Capacity
    Axial            63.248    2207.762    2207.762

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   2207.762    2397.816     8199.92     8199.92          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34   12704.313       0.427        0.63       0.915     2020.43
    MajorB(y-y)    b    0.34   12704.313       0.427        0.63       0.915     2020.43
    Minor (z-z)    c    0.49    4519.963       0.716       0.883       0.715    1577.817
    MinorB(z-z)    c    0.49    4519.963       0.716       0.883       0.715    1577.817
    Torsional TF   c    0.49     8199.92       0.532       0.723       0.825    1821.618

MOMENT DESIGN
                        Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                     Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)     -17.735    -119.339     -36.701     -89.504
    Minor (z-z)      -0.869      -3.421      -1.358      -1.771

                      Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)     162.624     162.624     162.624     134.141
    Minor (z-z)        78.1        78.1        78.1

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            b    0.34       0.624       0.767       0.825          0.     438.591

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
                 0.09      0.        0.09          0.          0.

                          kyy         kyz         kzy         kzz
```

```
    Factors            0.424       0.311          1.       0.518

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)         59.862       0.015     396.059       0.999       0.151          OK
    Minor (y)           2.54       0.015    1022.454       0.999       0.002          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        396.059          1.       0.249

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)         75.61      49.363
```

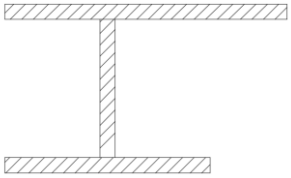
13.3 Trave HE 200 B (copertura)




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  215      X Mid:  7.2       Combo:  SLU3            Design Type:  Beam
 Length:  2.5      Y Mid:  25.15     Shape:  HE200B          Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  1.       Z Mid:  13.95     Class:  Class 1         Rolled : Yes

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? Yes

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.008        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.008           Iyy=5.696E-05     iyy=0.085         Wel,yy=5.696E-04    Weff,yy=5.696E-04
 It=0.             Izz=2.003E-05     izz=0.051         Wel,zz=2.003E-04    Weff,zz=2.003E-04
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.2             Wpl,yy=6.430E-04    Av,y=0.006
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=3.060E-04    Av,z=0.002


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     1.               -31.984     -32.25       1.381      76.986       2.028       0.006

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.904 = 0.016 + 0.867 + 0.021   <          1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
```

```
                        + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial             -31.984    2640.524    2640.524

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    2640.524    2867.832    10656.72    10656.72          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34   18889.002       0.383       0.605       0.933    2462.861
    MajorB(y-y)    b    0.34   18889.002       0.383       0.605       0.933    2462.861
    Minor (z-z)    c    0.49    6642.323       0.646       0.818       0.758    2000.867
    MinorB(z-z)    c    0.49    6642.323       0.646       0.818       0.758    2000.867
    Torsional TF   c    0.49    10656.72        0.51       0.706       0.837    2211.029

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        -32.25    -159.699     -55.305    -119.774
    Minor (z-z)         1.381       5.032       1.402       2.128

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      217.395     217.395     217.395     183.333
    Minor (z-z)      103.457     103.457     103.457

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            b    0.34       0.587       0.738       0.843          0.     661.492

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
                  0.1      0.         0.1          0.          0.

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.462       0.257       0.995       0.428

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)          76.986       0.017      485.07          1.       0.159          OK
    Minor (y)           3.651       0.017    1225.852          1.       0.003          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction          485.07          1.       0.262

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)         66.347      92.946
```

13.4 Trave H 330a



```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  748      X Mid:  15.6      Combo:  SLV2            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  28.8      Shape:  H330_a          Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 2         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.035        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.035           Iyy=6.715E-04     iyy=0.138         Wel,yy=0.004        Weff,yy=0.004
 It=9.534E-06      Izz=5.763E-04     izz=0.128         Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
 Iw=1.040E-05      Iyz=0.            h=0.33            Wpl,yy=0.005        Av,y=0.029
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.007


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     2.4              -4.638    -227.187    -155.743      68.432     -70.714       0.111

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.237 = 0. + 0.132 + 0.105   <          1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
     Axial             -4.638   11917.857   11917.857

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    11917.857     12943.8  119829.788  111955.284          1.

                 Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)     b    0.34   60403.489       0.455       0.647       0.904   10768.499
     MajorB(y-y)     b    0.34   60403.489       0.455       0.647       0.904   10768.499
     Minor (z-z)     c    0.49  207365.706       0.246       0.541       0.977   11641.123
     MinorB(z-z)     c    0.49  207365.706       0.246       0.541       0.977   11641.123
     Torsional TF    c    0.49  111955.284       0.334       0.589       0.932   11102.177

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)     -227.187    -227.187    -118.065     -170.39
     Minor (z-z)     -155.743    -155.743    -116.923    -124.687
```

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	1530.938	1530.938	1530.938	1455.556
Minor (z-z)	1187.031	1187.031	1187.031	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.297	0.568	0.951	1.040E-05	18243.652

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.365	0.553	1.73

	za	zs	zg	zz	zj
	0.146	0.048	0.098	0.003	-0.048

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.543	0.48	0.846	0.801

SHEAR DESIGN

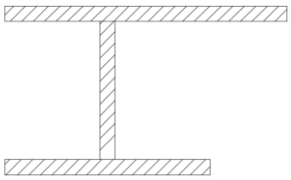
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	119.556	0.457	1317.595	0.091	OK
Minor (y)	90.551	0.457	5563.18	0.016	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1317.595	1.	0.147

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	28.454	146.907

13.5 Trave H 380a



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	770	X Mid:	19.2	Combo:	SLV1	Design Type:	Beam
Length:	2.4	Y Mid:	20.4	Shape:	H380_a	Frame Type:	Non Dissipative
Loc :	2.4	Z Mid:	8.9	Class:	Class 2	Rolled :	No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05	GammaM1=1.05	GammaM2=1.25		
An/Ag=1.	RLLF=1.	PLLF=0.75	D/C Lim=1.	
Aeff=0.035	eNy=0.	eNz=0.		
A=0.035	Iyy=9.118E-04	iyy=0.162	Wel,yy=0.004	Weff,yy=0.004
It=9.030E-06	Izz=5.762E-04	izz=0.128	Wel,zz=0.002	Weff,zz=0.002
Iw=1.415E-05	Iyz=0.	h=0.38	Wpl,yy=0.005	Av,y=0.029
E=210000000.	fy=355000.	fu=510000.	Wpl,zz=0.004	Av,z=0.006

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.4	-45.348	-271.127	57.203	73.047	-84.646	0.07

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)

D/C Ratio: 0.248 = 0.004 + 0.134 + 0.11 < 1. OK
= NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
+ kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1) (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	-45.348	11799.524	11799.524

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
11799.524	12815.28	127461.529	117272.771	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	328090.154	0.194	0.518	1.	11799.524
MajorB(y-y)	b	0.34	328090.154	0.194	0.518	1.	11799.524
Minor (z-z)	c	0.49	207315.967	0.244	0.541	0.977	11532.685
MinorB(z-z)	c	0.49	207315.967	0.244	0.541	0.977	11532.685
Torsional TF	c	0.49	117272.771	0.325	0.583	0.936	11048.322

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-271.127	-271.127	-216.434	-271.127
Minor (z-z)	57.203	178.603	117.903	130.043

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	1773.774	1773.774	1773.774	1706.721
Minor (z-z)	1183.587	1183.587	1183.587	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.274	0.556	0.962	1.415E-05	24740.649

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.132	0.459	0.525
	za	zs	zg	zz	zj
	0.167	0.055	0.112	-0.003	-0.055

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.819	0.437	0.844	0.728

SHEAR DESIGN

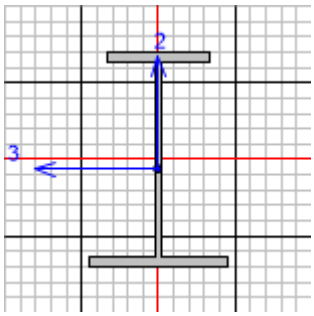
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	73.047	0.481	1249.275	0.058	OK
Minor (y)	108.837	0.481	5563.18	0.02	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1249.275	1.	0.217

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	39.636	86.169

13.6 Trave H 630




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  KN, m, C

Frame :  307      X Mid:  15.6      Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
Length:  2.4      Y Mid:  26.4      Shape:  H630            Frame Type:  Non Dissipative
Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

Aeff=0.032        eNy=0.            eNz=0.
A=0.032           Iyy=0.002         iyy=0.259         Wel,yy=0.006        Weff,yy=0.006
It=7.446E-06      Izz=2.279E-04     izz=0.084         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
Iw=1.709E-05      Iyz=0.            h=0.63            Wpl,yy=0.008        Av,y=0.021
E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.011


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    2.4              -90.488   -465.338    -122.985      81.743      -57.66       0.064

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.339 = 0.009 + 0.179 + 0.151   <           1.          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial            -90.488   10954.286   10954.286

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   10954.286    11897.28   81293.857    61529.55          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34  782711.547       0.121       0.494          1.   10954.286
    MajorB(y-y)     b    0.34  782711.547       0.121       0.494          1.   10954.286
    Minor (z-z)     c    0.49   81997.907       0.375       0.613       0.911    9976.181
    MinorB(z-z)     c    0.49   81997.907       0.375       0.613       0.911    9976.181
    Torsional TF    c    0.49    61529.55       0.432        0.65        0.88     9640.52

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
```

	Moment	Moment	Moment	Moment
Major (y-y)	-465.338	-465.338	-311.418	-342.202
Minor (z-z)	-122.985	-122.985	-92.492	-98.591

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	2641.2	2641.2	2641.2	2534.863
Minor (z-z)	653.2	653.2	653.2	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	0.252	0.551	0.96	1.709E-05	43727.102

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.429	0.	0.81

	za	zs	zg	zz	zj
	0.343	-0.094	0.437	0.018	0.094

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.735	0.482	0.975	0.803

SHEAR DESIGN

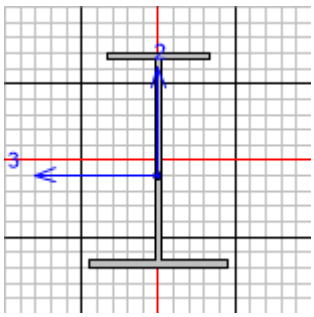
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	138.729	0.291	2225.272	0.062	OK
Minor (y)	88.216	0.291	4099.185	0.022	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	2225.272	1.	0.373

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	176.365	184.924

13.7 Trave H 630*



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	847	X Mid:	7.2	Combo:	SLV1	Design Type:	Beam
Length:	2.4	Y Mid:	18.	Shape:	H630*	Frame Type:	Non Dissipative
Loc :	2.4	Z Mid:	8.9	Class:	Class 1	Rolled :	No

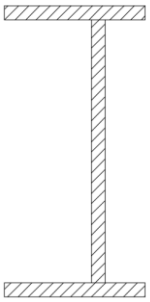
Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25

```
An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

Aeff=0.028        eNy=0.            eNz=0.
A=0.028           Iyy=0.002         iyy=0.252         Wel,yy=0.005        Weff,yy=0.005
It=4.294E-06      Izz=1.787E-04     izz=0.08          Wel,zz=8.936E-04    Weff,zz=8.936E-04
Iw=1.314E-05      Iyz=0.            h=0.63            Wpl,yy=0.006        Av,y=0.016
E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.012


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    2.4             -290.394    -169.539      78.117     -13.542     -66.738      -0.021

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.409 = 0.034 + 0.215 + 0.159   <          1.          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial           -290.394    9365.238    9365.238

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    9365.238    10171.44   62335.007   46018.003          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34   39550.088       0.499       0.675       0.885    8286.557
    MajorB(y-y)    b    0.34   39550.088       0.499       0.675       0.885    8286.557
    Minor (z-z)    c    0.49   64309.897       0.391       0.623       0.902    8447.928
    MinorB(z-z)    c    0.49   64309.897       0.391       0.623       0.902    8447.928
    Torsional TF   c    0.49   46018.003       0.462       0.671       0.864    8090.205

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)     -169.539    -386.782    -264.599    -343.979
    Minor (z-z)       78.117      82.557      80.337      80.781

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)     2155.738    2155.738    2155.738    1780.351
    Minor (z-z)      510.017     510.017     510.017

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            d    0.76       0.434       0.683       0.826   1.314E-05   12004.469

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
               0.357  -0.107       0.464       0.029       0.107

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.741       0.591       0.991       0.985

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         75.498       0.048    2303.352       0.033          OK
    Minor (y)         66.738       0.048    3103.669       0.022          OK
```

```
                    Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction      2303.352         1.       0.385

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                    VMajor      VMajor
                      Left       Right
    Major (V2)      280.928      87.102
```

13.8 Trave H 630 parall scala



```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  792      X Mid:  6.        Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  26.4      Shape:  H630-parall scalFrame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  1.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.032        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.032           Iyy=0.002         iyy=0.236         Wel,yy=0.005        Weff,yy=0.005
 It=9.120E-06      Izz=8.878E-05     izz=0.053         Wel,zz=5.919E-04    Weff,zz=5.919E-04
 Iw=5.554E-06      Iyz=0.            h=0.63            Wpl,yy=0.007        Av,y=0.015
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.001        Av,z=0.017


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     1.             -250.177    -164.383     -68.081      59.346        -31.       -2.65

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.458 = 0.025 + 0.175 + 0.258   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
     Axial           -250.177   10852.857   10852.857
```

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
10852.857	11787.12	86213.434	60393.797	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	643689.276	0.133	0.497	1.	10852.857
MajorB(y-y)	b	0.34	643689.276	0.133	0.497	1.	10852.857
Minor (z-z)	c	0.49	93883.731	0.348	0.597	0.924	10031.276
MinorB(z-z)	c	0.49	93883.731	0.348	0.597	0.924	10031.276
Torsional TF	c	0.49	60393.797	0.434	0.652	0.879	9539.453

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-164.383	-400.559	-63.829	-172.714
Minor (z-z)	-68.081	-96.136	-21.885	-72.102

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	2319.925	2319.925	2319.925	2170.566
Minor (z-z)	373.004	373.004	373.004	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	0.284	0.572	0.936	5.554E-06	30260.603

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.365	0.553	1.73
	za	zs	zg	zz	zj
	0.343	-0.135	0.478	0.016	0.135

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.57	0.6	0.948	1.

SHEAR DESIGN

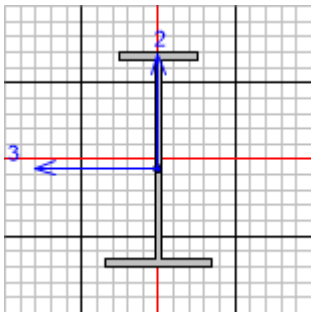
	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	139.552	1.283	3337.908	0.042	OK
Minor (y)	114.38	1.283	2927.989	0.039	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	3337.908	1.	0.249

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	168.973	250.028

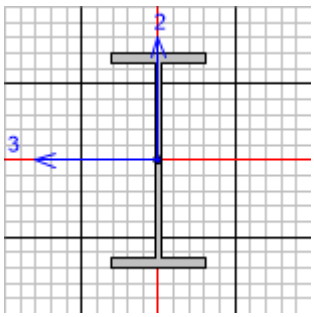
13.9 Trave H 820




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  822      X Mid:  16.8      Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  20.4      Shape:  H820            Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.036        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.036           Iyy=0.004         iyy=0.331         Wel,yy=0.009        Weff,yy=0.009
 It=7.953E-06      Izz=2.280E-04     izz=0.079         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=2.963E-05      Iyz=0.            h=0.82            Wpl,yy=0.011        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.015


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     2.4             -137.514    -895.609    -101.753    -145.504     -91.305       0.109

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:     0.54 = 0.012 + 0.357 + 0.171   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
     Axial           -137.514   12239.048   12239.048

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   12239.048    13292.64   85408.245    61902.62          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b    0.34   1428859.2       0.095       0.487          1.   12239.048
     MajorB(y-y)    b    0.34   1428859.2       0.095       0.487          1.   12239.048
     Minor (z-z)    c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
     MinorB(z-z)    c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
     Torsional TF   c    0.49    61902.62       0.456       0.666       0.867   10617.059

 MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
```

```
                    Moment      Moment      Moment      Moment
Major (y-y)       -895.609   -1109.175    -987.748   -1109.175
Minor (z-z)       -101.753    -119.189    -110.471    -112.215

                    Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                  Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
Major (y-y)       3742.883    3742.883    3742.883    3091.069
Minor (z-z)        659.624     659.624     659.624

             Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
LTB              d    0.76       0.434       0.683       0.826   2.963E-05   20840.797

Factors       kw      Psi          C2          C3
               1.   1.132       0.459       0.525
              za       zs          zg          zz          zj
           0.443   -0.128       0.571       0.022       0.128

                      kyy         kyz         kzy         kzz
Factors             0.906       0.566       0.996       0.944

SHEAR DESIGN
                      Ved         Ted      Vc,Rd      Stress      Status
                    Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
Major (z)         145.504       0.481    2967.029       0.049          OK
Minor (y)          91.305       0.481    4099.185       0.022          OK

                   Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
Reduction        2967.029          1.       0.486

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                    VMajor      VMajor
                      Left       Right
Major (V2)        295.573     175.418
```

13.10 Trave H 930 parall scala




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  KN, m, C

Frame :  784      X Mid:  13.2      Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
Length:  2.4      Y Mid:  4.9       Shape:  H930-parall scalFrame Type:  Non Dissipative
Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes
```

```
GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.058         eNy=0.             eNz=0.
A=0.058            Iyy=0.008          iyy=0.37           Wel,yy=0.017        Weff,yy=0.017
It=2.347E-05       Izz=4.286E-04      izz=0.086          Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
Iw=8.487E-05       Iyz=0.             h=0.93             Wpl,yy=0.02         Av,y=0.032
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.003        Av,z=0.026


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    2.4              66.039    -812.959     182.022     -61.656    -124.667       2.828

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation BS EN 1993-6 Annex A)
    D/C Ratio:    0.326 = 0.196 + 0.129 + 0.   <           1.          OK
                        = (My,Ed)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + Cmz (Mz,Ed + Mz,T,Ed)/(Mz,Rk/GammaM1)
                            + (Kw * Kzw * Kalpha) * (Mw,Ed/(Mz,Rk/2.0*GammaM1))       (BS EN 1993-6
Annex A)

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial             66.039   19440.476   19440.476

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   19440.476      21114.  224561.021  224561.021          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34 2834152.216       0.085       0.484          1.   19440.476
    MajorB(y-y)    b    0.34 2834152.216       0.085       0.484          1.   19440.476
    Minor (z-z)    c    0.49  154215.353       0.364       0.606       0.916   17813.234
    MinorB(z-z)    c    0.49  154215.353       0.364       0.606       0.916   17813.234
    Torsional TF   c    0.49  224561.021       0.301        0.57       0.948   18437.046

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)     -812.959    -1136.89    -969.162    -1136.89
    Minor (z-z)      182.022     182.022     137.071     146.061

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      6646.53     6646.53     6646.53    5797.327
    Minor (z-z)     1146.565    1146.565    1146.565

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            d    0.76        0.37       0.633       0.872   8.487E-05   51045.378

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
               0.465      0.       0.465          0.          0.

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.88       0.481       0.964       0.802

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
```

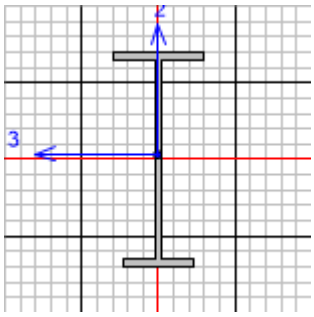
	Force	Torsion	Capacity	Factor	Ratio	Check
Major (z)	217.984	2.828	4977.582	0.993	0.044	OK
Minor (y)	124.667	2.828	6246.377	0.993	0.02	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	4977.582	1.	0.358

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	277.071	255.642

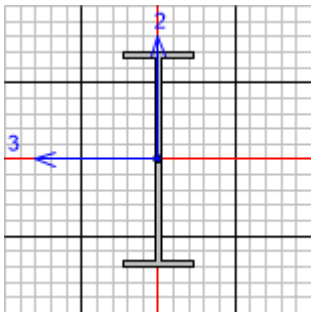
13.11 Trave H 1200




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK     (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  221      X Mid:  14.4      Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  20.4      Shape:  H1200           Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.07         eNy=0.            eNz=0.
 A=0.07            Iyy=0.016         iyy=0.473         Wel,yy=0.025        Weff,yy=0.025
 It=2.803E-05      Izz=6.325E-04     izz=0.095         Wel,zz=0.003        Weff,zz=0.003
 Iw=1.899E-04      Iyz=0.            h=1.2             Wpl,yy=0.03         Av,y=0.036
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.034


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     2.4             -230.121   -1895.727     173.935    -564.644    -177.431      -0.183

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.624 = 0.01 + 0.473 + 0.141   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
```

```
    Axial           -230.121   23531.429   23531.429

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   23531.429    25557.12  275504.829  189238.301          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34 5595413.203       0.066        0.48          1.   23531.429
    MajorB(y-y)    b    0.34 5595413.203       0.066        0.48          1.   23531.429
    Minor (z-z)    c    0.49  227599.246       0.329       0.586       0.934   21979.536
    MinorB(z-z)    c    0.49  227599.246       0.329       0.586       0.934   21979.536
    Torsional TF   c    0.49  189238.301       0.361       0.605       0.918   21592.105

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)    -1895.727   -4618.686   -3154.699   -4101.109
    Minor (z-z)      173.935     228.668     201.301     206.775

                      Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)    10195.149   10195.149   10195.149    9075.089
    Minor (z-z)      1471.39     1471.39     1471.39

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            d    0.76       0.345       0.615        0.89   1.899E-04   89847.889

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
               0.567   0.154       0.413      -0.022      -0.154

                      kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors         0.737       0.543       0.929       0.905

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)       1336.545       1.061    6558.696       0.204          OK
    Minor (y)        177.431       1.061    7027.174       0.025          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       6558.696          1.       0.457

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)       1772.653    1643.675
```

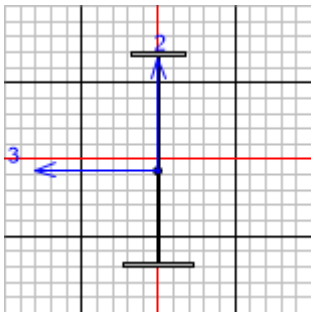
13.12 Trave H 1200*




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  KN, m, C

Frame :  871      X Mid:  14.4      Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
Length:  2.4      Y Mid:  18.       Shape:  H1200*          Frame Type:  Non Dissipative
Loc   :  1.44     Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes

GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

Aeff=0.058        eNy=0.            eNz=0.
A=0.058           Iyy=0.012         iyy=0.453         Wel,yy=0.02         Weff,yy=0.02
It=1.695E-05      Izz=3.226E-04     izz=0.074         Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
Iw=1.104E-04      Iyz=0.            h=1.2             Wpl,yy=0.024        Av,y=0.024
E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.003        Av,z=0.034


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    1.44            -164.842   -2016.644      -0.378    -583.141     -36.759      -0.383

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.413 = 0.009 + 0.374 + 0.029   <           1.          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial           -164.842   19677.143   19677.143

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                  19677.143    21371.04  195355.384  195355.384          1.

              Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34 4288827.338       0.069        0.48          1.   19677.143
    MajorB(y-y)    b    0.34 4288827.338       0.069        0.48          1.   19677.143
    Minor (z-z)    c    0.49  116068.347       0.422       0.643       0.886   17427.487
    MinorB(z-z)    c    0.49  116068.347       0.422       0.643       0.886   17427.487
    Torsional TF   c    0.49  195355.384       0.325       0.584       0.936   18422.648

MOMENT DESIGN
                        Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
```

```
                    Moment      Moment      Moment      Moment
Major (y-y)      -2016.644    -2538.27   -2107.607    -2538.27
Minor (z-z)         -0.378      -48.19     -20.091     -25.711

                   Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                 Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
Major (y-y)      8042.271    8042.271    8042.271     6774.75
Minor (z-z)        898.15      898.15      898.15

            Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
LTB             d    0.76       0.411       0.665       0.842   1.104E-04   49959.619

Factors       kw      Psi          C2          C3
               1.   1.132       0.459       0.525
               za      zs          zg          zz          zj
             0.6      0.         0.6          0.          0.

                      kyy         kyz         kzy         kzz
Factors             0.861       0.321       0.999       0.535

SHEAR DESIGN
                       Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                     Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
Major (z)          583.141       0.383    6675.816       0.999       0.087          OK
Minor (y)           36.759       0.383    4684.783       0.999       0.008          OK

                   Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
Reduction        6675.816          1.       0.464

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                    VMajor      VMajor
                      Left       Right
Major (V2)        694.931     508.614
```

13.13 Trave H 1200s




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK     (Summary for Combo and Station)
Units  :  KN, m, C

Frame :  284      X Mid:  13.2      Combo:  SLU6            Design Type:  Beam
Length:  2.4      Y Mid:  7.2       Shape:  H1200_s         Frame Type:  Non Dissipative
Loc   :  2.4      Z Mid:  8.9       Class:  Class 2         Rolled : No

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? No
```

```
GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.039         eNy=0.             eNz=0.
A=0.039            Iyy=0.008          iyy=0.452          Wel,yy=0.012        Weff,yy=0.012
It=5.814E-06       Izz=1.791E-04      izz=0.068          Wel,zz=8.955E-04    Weff,zz=8.955E-04
Iw=4.937E-05       Iyz=0.             h=1.2              Wpl,yy=0.016        Av,y=0.016
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.002        Av,z=0.023


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    2.4             -211.088    -244.486      -5.105    -998.747     -34.329       0.103

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.56 = 0.019 + 0.49 + 0.052   <           1.          OK
                        = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial            -211.088   13219.524   13219.524

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    13219.524    14357.52    69467.45   45974.874          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34  179383.802       0.278       0.552       0.972   12850.213
    MajorB(y-y)     b    0.34  179383.802       0.278       0.552       0.972   12850.213
    Minor (z-z)     c    0.49   64446.632       0.464       0.672       0.863   11406.542
    MinorB(z-z)     c    0.49   64446.632       0.464       0.672       0.863   11406.542
    Torsional TF    c    0.49   45974.874       0.549       0.737       0.815   10772.818

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)      -244.486   -2514.358   -1379.422   -1606.409
    Minor (z-z)        -5.105     -42.471     -23.788     -27.525

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      5374.066    5374.066    5374.066    5123.803
    Minor (z-z)       529.288     529.288     529.288

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76        0.26       0.557       0.953   4.937E-05   83394.988

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.651          0.       0.911
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.658  -0.232        0.89       0.037       0.232

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors              0.64       0.391       0.998       0.652

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         998.747       0.296    4528.623       0.221          OK
```

```
    Minor (y)          34.329       0.296    3103.669       0.011          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        4528.623          1.       0.707

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)       1009.076     998.747
```

13.14 Trave H variabile 330a-200

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  409      X Mid:  9.6       Combo:  SLU8            Design Type:  Beam
 Length:  1.       Y Mid:  29.3      Shape:  VAR 330a-200    Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  1.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 2         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.035        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.035           Iyy=6.715E-04     iyy=0.138         Wel,yy=0.004        Weff,yy=0.004
 It=9.534E-06      Izz=5.763E-04     izz=0.128         Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
 Iw=1.040E-05      Iyz=0.            h=0.33            Wpl,yy=0.005        Av,y=0.029
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.007


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    1.               -1.164      -16.47          0.       33.13          0.          0.

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(y))
    D/C Ratio:    0.011 = 0.011   <           1.          OK
                        = (My,Ed/Mn,y,Rd)       (NTC Eq 4.2.38(y))

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial               -1.164   11917.857   11917.857

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    11917.857     12943.8  592874.804  562813.501          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34 1391696.393       0.095       0.487          1.   11917.857
    MajorB(y-y)    b    0.34 1391696.393       0.095       0.487          1.   11917.857
    Minor (z-z)    c    0.49 1194426.464       0.102       0.481          1.   11917.857
    MinorB(z-z)    c    0.49 1194426.464       0.102       0.481          1.   11917.857
    Torsional TF   c    0.49  562813.501       0.149       0.499          1.   11917.857

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
```

```
                    Moment      Moment      Moment      Moment
Major (y-y)        -16.47      -16.47      -6.163     -12.353
Minor (z-z)            0.          0.          0.          0.

                    Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                 Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
Major (y-y)      1530.938    1530.938    1530.938    1530.938
Minor (z-z)      1187.031    1187.031    1187.031

            Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
LTB             c    0.49       0.119       0.487          1.   1.040E-05   114085.49

Factors       kw      Psi          C2          C3
               1.   1.132       0.459       0.525
               za      zs          zg          zz          zj
            0.146   0.048       0.098          0.      -0.045

                      kyy         kyz         kzy         kzz
Factors               0.4         0.6       0.702          1.

SHEAR DESIGN
                      Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                    Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
Major (z)           33.13          0.    1317.595       0.025          OK
Minor (y)               0.          0.     5563.18          0.          OK

                   Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
Reduction        1317.595          1.        0.14

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                    VMajor      VMajor
                      Left       Right
Major (V2)          5.141       33.13
```

13.15 Trave H variabile 380-200

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  378      X Mid:  -0.5      Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
 Length:  1.       Y Mid:  16.8      Shape:  VAR 380-200     Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  1.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.027        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.027           Iyy=6.893E-04     iyy=0.159         Wel,yy=0.003        Weff,yy=0.003
 It=6.780E-06      Izz=2.277E-04     izz=0.091         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=5.815E-06      Iyz=0.            h=0.38            Wpl,yy=0.004        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.006


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
```

```
    1.                -0.277      -1.383          0.       2.362          0.          0.

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq 4.2.38(y))
    D/C Ratio:    0.001 = 0.001   <           1.          OK
                     = (My,Ed/Mn,y,Rd)       (NTC Eq 4.2.38(y))

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial              -0.277     9263.81     9263.81

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      9263.81    10061.28  348379.862  306138.177          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34 1428559.561       0.083       0.483          1.     9263.81
    MajorB(y-y)     b    0.34 1428559.561       0.083       0.483          1.     9263.81
    Minor (z-z)     c    0.49  471962.509       0.144       0.496          1.     9263.81
    MinorB(z-z)     c    0.49  471962.509       0.144       0.496          1.     9263.81
    Torsional TF    c    0.49  306138.177       0.178       0.511          1.     9263.81

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        -1.383      -1.383      -0.514      -1.037
    Minor (z-z)            0.          0.          0.          0.

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      1377.569    1377.569    1377.569    1377.569
    Minor (z-z)       644.748     644.748     644.748

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             c    0.49       0.167       0.506          1.   5.815E-06   52113.658

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.209  -0.052       0.261          0.       0.061

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors               0.4         0.6       0.744          1.

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)           2.818          0.    1249.275       0.002          OK
    Minor (y)               0.          0.    4099.185          0.          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        1249.275          1.       0.204

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)             0.       2.818
```

13.16 Trave H variabile 380a-330a

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  767      X Mid:  19.2      Combo:  SLV2            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  27.6      Shape:  VAR 380a-330a   Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 2         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.035        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.035           Iyy=6.715E-04     iyy=0.138         Wel,yy=0.004        Weff,yy=0.004
 It=9.534E-06      Izz=5.763E-04     izz=0.128         Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
 Iw=1.040E-05      Iyz=0.            h=0.33            Wpl,yy=0.005        Av,y=0.029
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.007


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.                 10.148      71.383     -137.05      -7.179       -7.55      -0.612

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq 4.2.38)
     D/C Ratio:     0.118 = (0.047)^2. + (0.115)^1. <           1.          OK
                        = (My,Ed/Mn,y,Rd)^Alpha + (Mz,Ed/Mn,z,Rd)^Beta       (NTC Eq 4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
     Axial             10.148   11917.857   11917.857

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    11917.857     12943.8  119829.788  111955.284          1.

                Curve    Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b     0.34  241613.957       0.228       0.531        0.99   11801.216
     MajorB(y-y)    b     0.34  241613.957       0.228       0.531        0.99   11801.216
     Minor (z-z)    c     0.49  207365.706       0.246       0.541       0.977   11641.123
     MinorB(z-z)    c     0.49  207365.706       0.246       0.541       0.977   11641.123
     Torsional TF   c     0.49  111955.284       0.334       0.589       0.932   11102.177

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)       71.383      71.383       35.45      53.537
     Minor (z-z)      -137.05     -137.05     -73.817     -86.464

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
     Major (y-y)     1530.938    1530.938    1530.938    1506.116
     Minor (z-z)     1187.031    1187.031    1187.031

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
     LTB            c    0.49       0.232       0.535       0.984   1.040E-05    29902.82
```

```
    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.    1.132       0.459       0.525
                   za       zs          zg          zz          zj
                0.146    0.048       0.098          0.       0.045

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors              0.63       0.379       0.846       0.631

 SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)          19.636       0.256    1317.595       0.015          OK
    Minor (y)          79.311       0.256     5563.18       0.014          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        1317.595          1.       0.147

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)         20.901      95.305
```

13.17 Trave H variabile 630-330

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  819      X Mid:  16.8      Combo:  SLV2            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  27.6      Shape:  VAR 630-330     Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.028        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.028           Iyy=5.078E-04     iyy=0.135         Wel,yy=0.003        Weff,yy=0.003
 It=7.284E-06      Izz=2.279E-04     izz=0.091         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=4.273E-06      Iyz=0.            h=0.33            Wpl,yy=0.004        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.007


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.               -86.113     -14.686    -122.535      22.215      -93.93      -0.394

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.383 = 0.01 + 0.246 + 0.127   <          1.          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
```

```
    Axial            -86.113    9382.143    9382.143

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    9382.143     10189.8   74549.553   61534.484          1.

               Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34  182715.558       0.232       0.532       0.989    9274.892
    MajorB(y-y)    b    0.34  182715.558       0.232       0.532       0.989    9274.892
    Minor (z-z)    c    0.49   81987.674       0.347       0.596       0.925    8680.439
    MinorB(z-z)    c    0.49   81987.674       0.347       0.596       0.925    8680.439
    Torsional TF   c    0.49   61534.484         0.4       0.629       0.897    8418.214

 MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)      -14.686    -282.903    -134.815    -212.177
    Minor (z-z)     -122.535    -122.535     -72.009     -82.114

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)     1188.616    1188.616    1188.616    1088.408
    Minor (z-z)      648.192     648.192     648.192

               Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB            c    0.49       0.365       0.607       0.916   4.273E-06    9369.164

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
               0.181  -0.045       0.226          0.       0.049

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors            0.561       0.402       0.947       0.671

 SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vc,Rd      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         79.056       0.171    1317.595        0.06          OK
    Minor (y)          93.93       0.171    4099.185       0.023          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       1317.595          1.       0.147

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)        83.366     187.952
```

13.18 Trave H variabile 630-380

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  306      X Mid:  18.       Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  26.4      Shape:  VAR 630-380     Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No
```

```
GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.027         eNy=0.             eNz=0.
A=0.027            Iyy=6.893E-04      iyy=0.159          Wel,yy=0.003        Weff,yy=0.003
It=6.780E-06       Izz=2.277E-04      izz=0.091          Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
Iw=5.815E-06       Iyz=0.             h=0.38             Wpl,yy=0.004        Av,y=0.021
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.002        Av,z=0.006


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz      Ved,z      Ved,y        Ted
    0.               -90.859      -2.43     156.833     60.743    -17.395      0.097

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.265 = 0.011 + 0.101 + 0.154   <          1.          OK
                        = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial            -90.859     9263.81     9263.81

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                     9263.81    10061.28   72993.573   60367.012          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34  248013.813       0.198       0.519          1.     9263.81
    MajorB(y-y)     b    0.34  248013.813       0.198       0.519          1.     9263.81
    Minor (z-z)     c    0.49   81937.936       0.345       0.595       0.926    8580.955
    MinorB(z-z)     c    0.49   81937.936       0.345       0.595       0.926    8580.955
    Torsional TF    c    0.49   60367.012       0.401        0.63       0.897    8305.693

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)         -2.43    -146.811      -74.62     -89.058
    Minor (z-z)       156.833     156.833      84.675      99.106

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      1377.569    1377.569    1377.569    1374.795
    Minor (z-z)       644.748     644.748     644.748

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             c    0.49       0.204       0.522       0.998   5.815E-06    34775.17

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.733          0.       0.936
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.209  -0.052       0.261          0.       0.061

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.607        0.38       0.945       0.633

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)          60.743       0.312    1249.275       0.049          OK
```

```
    Minor (y)        113.334       0.312    4099.185       0.028          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       1249.275          1.       0.217

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)        84.612      92.511
```

13.19 Trave H variabile 630 scala-330*

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  224      X Mid:  4.8       Combo:  SLU3            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  27.6      Shape:  VAR 630sc-330*  Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.48     Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.036        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.036           Iyy=0.001         iyy=0.16          Wel,yy=0.005        Weff,yy=0.005
 It=1.241E-05      Izz=3.829E-04     izz=0.103         Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
 Iw=1.174E-05      Iyz=0.            h=0.39            Wpl,yy=0.006        Av,y=0.027
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.003        Av,z=0.009


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.48             -83.053    -125.786      26.894     387.155      18.036       1.526

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.48 = 0.007 + 0.454 + 0.019   <           1.          OK
                      = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                          + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial            -83.053   12239.048   12239.048

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   12239.048    13292.64  143307.163  129855.819          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34   47973.257       0.518       0.688       0.876   10725.686
    MajorB(y-y)    b    0.34   47973.257       0.518       0.688       0.876   10725.686
    Minor (z-z)    c    0.49  137767.105       0.305       0.572       0.946   11582.803
    MinorB(z-z)    c    0.49  137767.105       0.305       0.572       0.946   11582.803
    Torsional TF   c    0.49  129855.819       0.315       0.578       0.942    11525.43

 MOMENT DESIGN
```

```
                        Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                     Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)    -125.786    -943.026     -422.95     -707.27
    Minor (z-z)      26.894      44.119      11.745       18.22

                     Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)     2012.85     2012.85     2012.85    1880.263
    Minor (z-z)     952.668     952.668     952.668

              Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB           c    0.49       0.329       0.586       0.934   1.174E-05   19486.846

    Factors      kw      Psi          C2          C3
                  1.   1.132       0.459       0.525
                  za      zs          zg          zz          zj
              0.191   0.009       0.182          0.      -0.011

                        kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors           0.548       0.248       0.905       0.413

 SHEAR DESIGN
                        Ved         Ted      Vc,Rd      Stress      Status
                      Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)       387.155       1.862    1781.779       0.217          OK
    Minor (y)        35.834       1.862    5284.435       0.007          OK

                     Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       1781.779          1.       0.158

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                     VMajor      VMajor
                       Left       Right
    Major (V2)        365.86     475.214
```

13.20 Trave H variabile 820-380

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  274      X Mid:  18.       Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  4.9       Shape:  VAR 820-380     Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.027        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.027           Iyy=6.893E-04     iyy=0.159         Wel,yy=0.003        Weff,yy=0.003
 It=6.780E-06      Izz=2.277E-04     izz=0.091         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=5.815E-06      Iyz=0.            h=0.38            Wpl,yy=0.004        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.006
```

```
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.                 -35.153      -6.802    -136.434      47.295     -92.828      -1.841

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.341 = 0.004 + 0.198 + 0.139   <           1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial             -35.153     9263.81     9263.81

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      9263.81    10061.28   72993.573   60367.012          1.

                Curve    Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b     0.34   62003.453       0.396       0.612       0.928     8593.35
    MajorB(y-y)     b     0.34   62003.453       0.396       0.612       0.928     8593.35
    Minor (z-z)     c     0.49   81937.936       0.345       0.595       0.926    8580.955
    MinorB(z-z)     c     0.49   81937.936       0.345       0.595       0.926    8580.955
    Torsional TF    c     0.49   60367.012       0.401        0.63       0.897    8305.693

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        -6.802    -274.734     -134.23     -206.05
    Minor (z-z)      -136.434    -136.434     -77.513     -89.297

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      1377.569    1377.569    1377.569    1307.858
    Minor (z-z)       644.748     644.748     644.748

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             c    0.49         0.3       0.569       0.949   5.815E-06    16123.87

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.365       0.553        1.73
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.209  -0.052       0.261          0.       0.061

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.586       0.393       0.945       0.655

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         107.378       1.118    1249.275       0.086          OK
    Minor (y)          92.828       1.118    4099.185       0.023          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        1249.275          1.       0.217

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)        137.681     181.051
```

13.21 Trave H variabile 820-630

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  820      X Mid:  16.8      Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
 Length:  2.5      Y Mid:  25.15     Shape:  VAR 820-630     Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.032        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.032           Iyy=0.002         iyy=0.259         Wel,yy=0.006        Weff,yy=0.006
 It=7.446E-06      Izz=2.279E-04     izz=0.084         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=1.709E-05      Iyz=0.            h=0.63            Wpl,yy=0.008        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.011


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.              -141.819    -325.251     -49.981      90.133     -20.853      -0.266

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.385 = 0.014 + 0.325 + 0.046   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
     Axial           -141.819   10954.286   10954.286

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   10954.286    11897.28   75488.212   56921.696          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b    0.34  721346.962       0.126       0.495          1.   10954.286
     MajorB(y-y)    b    0.34  721346.962       0.126       0.495          1.   10954.286
     Minor (z-z)    c    0.49   75569.271        0.39       0.623       0.903    9886.523
     MinorB(z-z)    c    0.49   75569.271        0.39       0.623       0.903    9886.523
     Torsional TF   c    0.49   56921.696        0.45       0.662       0.871    9538.973

 MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)     -325.251    -779.954    -510.908     -664.18
     Minor (z-z)      -49.981     -49.981     -24.825     -29.857

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
     Major (y-y)       2641.2      2641.2      2641.2    2377.596
     Minor (z-z)        653.2       653.2       653.2

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
     LTB            d    0.76       0.331       0.605         0.9   1.709E-05   25243.132
```

```
    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.365       0.553        1.73
                   za      zs          zg          zz          zj
               0.343  -0.094       0.437          0.       0.112

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.733       0.359        0.99       0.599

 SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         118.852       0.128    2225.272       0.053          OK
    Minor (y)          20.853       0.128    4099.185       0.005          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        2225.272          1.       0.374

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                       VMajor      VMajor
                         Left       Right
    Major (V2)        118.852      80.928
```

13.22 Trave H variabile 930 scala - 630 scala

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  225      X Mid:  4.8       Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
 Length:  2.5      Y Mid:  25.15     Shape:  VAR 930-630 scalFrame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.058        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.058           Iyy=0.004         iyy=0.251         Wel,yy=0.011        Weff,yy=0.011
 It=2.932E-05      Izz=6.329E-04     izz=0.104         Wel,zz=0.003        Weff,zz=0.003
 Iw=4.911E-05      Iyz=0.            h=0.63            Wpl,yy=0.014        Av,y=0.036
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.022


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.               -99.463    -919.688     -11.524     609.148       -9.18       1.292

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:     0.71 = 0.005 + 0.684 + 0.02   <           1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
```

	Force	Capacity	Capacity
Axial	-99.463	19609.524	19609.524

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
19609.524	21297.6	233884.583	174182.419	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	146661.494	0.375	0.6	0.936	18354.456
MajorB(y-y)	b	0.34	146661.494	0.375	0.6	0.936	18354.456
Minor (z-z)	c	0.49	209892.534	0.313	0.577	0.942	18480.002
MinorB(z-z)	c	0.49	209892.534	0.313	0.577	0.942	18480.002
Torsional TF	c	0.49	174182.419	0.344	0.594	0.927	18171.458

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-919.688	-3204.012	-2040.051	-2652.067
Minor (z-z)	-11.524	-41.74	-26.632	-29.654

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	4579.5	4579.5	4579.5	4277.115
Minor (z-z)	1460.571	1460.571	1460.571	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.33	0.586	0.934	4.911E-05	44251.53

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.132	0.459	0.525

za	zs	zg	zz	zj
0.295	0.075	0.22	0.	-0.085

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.707	0.426	0.913	0.711

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	858.068	2.493	4294.384	0.2	OK
Minor (y)	31.521	2.493	7027.174	0.004	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	4294.384	1.	0.181

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	858.068	966.879

13.23 Trave H variabile 930*-820

Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	315	X Mid:	15.6	Combo:	SLV1
Length:	2.4	Y Mid:	23.9	Shape:	VAR 930*-820
Loc :	0.	Z Mid:	8.9	Class:	Class 1

Design Type: Beam
Frame Type: Non Dissipative
Rolled : No

```
Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.036         eNy=0.             eNz=0.
A=0.036            Iyy=0.004          iyy=0.331          Wel,yy=0.009        Weff,yy=0.009
It=7.953E-06       Izz=2.280E-04      izz=0.079          Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
Iw=2.963E-05       Iyz=0.             h=0.82             Wpl,yy=0.011        Av,y=0.021
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.002        Av,z=0.015


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.                 -52.49    -280.246     -44.953      21.144     -46.909      -0.376

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.379 = 0.005 + 0.251 + 0.123   <           1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial              -52.49   12239.048   12239.048

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    12239.048    13292.64   85408.245    61902.62          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
    MajorB(y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
    Minor (z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
    MinorB(z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
    Torsional TF    c    0.49    61902.62       0.456       0.666       0.867   10617.059

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)      -280.246    -848.708    -521.469    -677.909
    Minor (z-z)       -44.953    -105.566     -75.259     -81.321

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      3742.883    3742.883    3742.883     3369.53
    Minor (z-z)       659.624     659.624     659.624

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76       0.331       0.605         0.9   2.963E-05   35788.382

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.365       0.553        1.73
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.443  -0.128       0.571          0.        0.15

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.663       0.463       0.996       0.771
```

```
SHEAR DESIGN
                        Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                      Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)       150.741       0.113    2967.029       0.051          OK
    Minor (y)        67.774       0.113    4099.185       0.017          OK

                     Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction      2967.029          1.       0.486

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                     VMajor      VMajor
                       Left       Right
    Major (V2)      166.956     356.819
```

13.24 Trave H variabile 1200-930

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  446      X Mid:  14.4      Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
 Length:  2.3      Y Mid:  6.05      Shape:  VAR 1200-930    Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.062        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.062           Iyy=0.009         iyy=0.374         Wel,yy=0.017        Weff,yy=0.017
 It=2.560E-05      Izz=6.319E-04     izz=0.101         Wel,zz=0.003        Weff,zz=0.003
 Iw=1.118E-04      Iyz=0.            h=0.93            Wpl,yy=0.021        Av,y=0.036
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.026


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.              -272.471   -2977.132     -14.238     727.198     -27.348      -2.049

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:    0.805 = 0.014 + 0.766 + 0.025   <           1.          OK
                        = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                            + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                        Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                      Force    Capacity    Capacity
    Axial           -272.471   20792.857   20792.857

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                  20792.857     22582.8  280378.902  203883.846          1.

              Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)    b    0.34 3376325.802        0.08       0.483          1.   20792.857
    MajorB(y-y)    b    0.34 3376325.802        0.08       0.483          1.   20792.857
    Minor (z-z)    c    0.49  247582.711       0.297       0.568       0.951   19767.787
    MinorB(z-z)    c    0.49  247582.711       0.297       0.568       0.951   19767.787
```

```
    Torsional TF   c    0.49  203883.846       0.327       0.585       0.935   19445.593

MOMENT DESIGN
                         Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                      Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)    -2977.132   -5779.252   -4355.622   -5662.308
    Minor (z-z)      -14.238     -50.632     -32.435     -36.074

                      Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      7203.26     7203.26     7203.26    6765.747
    Minor (z-z)     1450.851    1450.851    1450.851

              Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB           c    0.49       0.319        0.58       0.939   1.118E-04   74171.276

    Factors      kw      Psi          C2          C3
                  1.   1.132       0.459       0.525
                  za      zs          zg          zz          zj
               0.436   0.115       0.321          0.      -0.134

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors              0.8       0.427       0.897       0.712

SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vc,Rd      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)       1155.562       0.905    4977.582       0.232          OK
    Minor (y)         46.834       0.905    7027.174       0.007          OK

                     Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       4977.582          1.       0.356

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                     VMajor      VMajor
                       Left       Right
    Major (V2)      1155.562    1278.059
```

13.25 Trave H variabile 1200*-820

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  331      X Mid:  15.6      Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  19.2      Shape:  VAR 1200*-820   Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.036        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.036           Iyy=0.004         iyy=0.331         Wel,yy=0.009        Weff,yy=0.009
 It=7.953E-06      Izz=2.280E-04     izz=0.079         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=2.963E-05      Iyz=0.            h=0.82            Wpl,yy=0.011        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.015
```

```
STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.                 -9.563    -423.831     -97.744     149.478     -96.657      -0.433

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.557 = 0. + 0.363 + 0.194   <           1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial              -9.563   12239.048   12239.048

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    12239.048    13292.64   85408.245    61902.62          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
    MajorB(y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
    Minor (z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
    MinorB(z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
    Torsional TF    c    0.49    61902.62       0.456       0.666       0.867   10617.059

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)      -423.831   -1306.546    -865.189     -953.46
    Minor (z-z)       -97.744    -147.542    -122.643    -127.623

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      3742.883    3742.883    3742.883    3584.776
    Minor (z-z)       659.624     659.624     659.624

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76       0.254       0.553       0.958   2.963E-05   60707.363

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.441          0.       0.817
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.443  -0.128       0.571          0.        0.15

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors              0.73       0.519       0.996       0.865

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)         362.782       0.008    2967.029       0.122          OK
    Minor (y)         107.128       0.008    4099.185       0.026          OK

                       Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction        2967.029          1.       0.486

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)         452.94     466.503
```

13.26 Trave H variabile 1200*-930*

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  35       X Mid:  7.2       Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.3      Y Mid:  22.75     Shape:  VAR 1200*-930*  Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? Yes

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.05         eNy=0.            eNz=0.
 A=0.05            Iyy=0.007         iyy=0.36          Wel,yy=0.014        Weff,yy=0.014
 It=1.452E-05      Izz=3.220E-04     izz=0.08          Wel,zz=0.002        Weff,zz=0.002
 Iw=6.520E-05      Iyz=0.            h=0.93            Wpl,yy=0.016        Av,y=0.024
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.003        Av,z=0.026


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.             -288.179     -10.475     154.614     386.971    -105.394      -0.801

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.374 = 0.019 + 0.195 + 0.16   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
     Axial           -288.179   16938.571   16938.571

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    16938.571    18396.72  195973.675  195973.675          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)    b    0.34  610625.175       0.171        0.51          1.   16938.571
     MajorB(y-y)    b    0.34  610625.175       0.171        0.51          1.   16938.571
     Minor (z-z)    c    0.49   126142.64       0.375       0.613        0.91   15417.593
     MinorB(z-z)    c    0.49   126142.64       0.375       0.613        0.91   15417.593
     Torsional TF   c    0.49  195973.675       0.301        0.57       0.949   16066.359

 MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
     Major (y-y)      -10.475    -968.861    -467.082    -726.646
     Minor (z-z)      154.614     154.614     136.792     140.356

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
     Major (y-y)      5570.711    5570.711    5570.711    4844.414
     Minor (z-z)       877.611     877.611     877.611

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
     LTB            d    0.76       0.373       0.636        0.87   6.520E-05   41961.747
```

```
    Factors      kw      Psi          C2          C3
                  1.   1.132       0.459       0.525
                  za      zs          zg          zz          zj
               0.465      0.       0.465          0.          0.

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors            0.578       0.546       0.975        0.91

 SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)        386.971       0.801    5094.701       0.997       0.076          OK
    Minor (y)         126.31       0.801    4684.783       0.997       0.027          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       5094.701          1.       0.364

 CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                      VMajor      VMajor
                        Left       Right
    Major (V2)       488.565     607.355
```

13.27 Trave H variabile 1200s-820

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  323      X Mid:  15.6      Combo:  SLU1            Design Type:  Beam
 Length:  2.4      Y Mid:  21.6      Shape:  VAR 1200s-820   Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.036        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.036           Iyy=0.004         iyy=0.331         Wel,yy=0.009        Weff,yy=0.009
 It=7.953E-06      Izz=2.280E-04     izz=0.079         Wel,zz=0.001        Weff,zz=0.001
 Iw=2.963E-05      Iyz=0.            h=0.82            Wpl,yy=0.011        Av,y=0.021
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.002        Av,z=0.015


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location             Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.              -199.615    -406.975      36.127     823.423      -3.317      -0.418

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
     D/C Ratio:    0.713 = 0.018 + 0.658 + 0.037   <           1.          OK
                         = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                             + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
```

```
                    Force    Capacity    Capacity
Axial            -199.615   12239.048   12239.048

                  Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
               12239.048    13292.64   85408.245    61902.62          1.

            Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
Major (y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
MajorB(y-y)     b    0.34    357214.8        0.19       0.516          1.   12239.048
Minor (z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
MinorB(z-z)     c    0.49   82043.485       0.396       0.626         0.9    11009.68
Torsional TF    c    0.49    61902.62       0.456       0.666       0.867   10617.059

MOMENT DESIGN
                      Med    Med,span      Mm,Ed      Meq,Ed
                   Moment      Moment     Moment      Moment
Major (y-y)      -406.975    -2394.86  -1400.918   -1599.706
Minor (z-z)        36.127      36.127     21.712      24.595

                    Mc,Rd       Mv,Rd      Mn,Rd      Mb,Rd
                 Capacity    Capacity   Capacity   Capacity
Major (y-y)      3742.883    3742.883   3742.883   3626.593
Minor (z-z)       659.624     659.624    659.624

            Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT      ChiLT          Iw         Mcr
LTB             d    0.76        0.24       0.544      0.969   2.963E-05   68320.357

Factors       kw      Psi          C2          C3
               1.     1.58          0.       0.884
               za      zs          zg          zz          zj
            0.443  -0.128       0.571          0.        0.15

                     kyy         kyz         kzy         kzz
Factors            0.668        0.41       0.996       0.683

SHEAR DESIGN
                      Ved         Ted      Vc,Rd      Stress      Status
                    Force     Torsion   Capacity       Ratio       Check
Major (z)         823.423       0.186   2967.029       0.278          OK
Minor (y)          30.492       0.186   4099.185       0.007          OK

                   Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
Reduction        2967.029          1.       0.486

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                    VMajor      VMajor
                      Left       Right
Major (V2)        823.423     833.369
```

13.28 Trave H variabile 1200s-930s

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  444      X Mid:  9.6       Combo:  SLV1            Design Type:  Beam
 Length:  2.3      Y Mid:  22.75     Shape:  VAR 1200s-930s  Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.9       Class:  Class 1         Rolled : No
```

```
Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.034         eNy=0.             eNz=0.
A=0.034            Iyy=0.004          iyy=0.359          Wel,yy=0.008        Weff,yy=0.008
It=5.094E-06       Izz=1.789E-04      izz=0.073          Wel,zz=8.946E-04    Weff,zz=8.946E-04
Iw=2.932E-05       Iyz=0.             h=0.93             Wpl,yy=0.011        Av,y=0.016
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.002        Av,z=0.018


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.                -14.538      -2.305     -69.614      31.853     -63.433       -0.03

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.231 = 0.001 + 0.087 + 0.142   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial             -14.538    11393.81    11393.81

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                     11393.81    12374.64   72576.126   50084.024          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34 1706225.092       0.084       0.484          1.    11393.81
    MajorB(y-y)     b    0.34 1706225.092       0.084       0.484          1.    11393.81
    Minor (z-z)     c    0.49    70101.99       0.413       0.638        0.89   10144.667
    MinorB(z-z)     c    0.49    70101.99       0.413       0.638        0.89   10144.667
    Torsional TF    c    0.49   50084.024       0.489        0.69       0.849    9676.358

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)        -2.305    -266.773    -112.559    -200.079
    Minor (z-z)       -69.614     -76.943     -73.279     -74.011

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      3712.666    3712.666    3712.666    3050.565
    Minor (z-z)        520.16      520.16      520.16

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76        0.44       0.688       0.822   2.932E-05   20124.252

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.132       0.459       0.525
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.517  -0.172       0.689          0.       0.206

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.506       0.577          1.       0.962

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
```

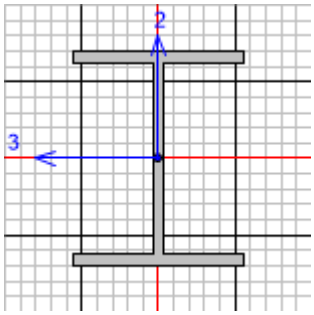
	Force	Torsion	Capacity	Ratio	Check
Major (z)	93.001	0.047	3474.547	0.027	OK
Minor (y)	63.433	0.047	3103.669	0.02	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	3474.547	1.	0.557

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	143.779	256.746

13.29 Trave arrivo scala



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame : 6 X Mid: 6.2 Combo: SLV1 Design Type: Beam
Length: 2.5 Y Mid: 3.65 Shape: Trave arrivo scaFrame Type: Non Dissipative
Loc : 2.5 Z Mid: 8.9 Class: Class 1 Rolled : No

Interaction=Method B MultiResponse=Envelopes P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes

GammaM0=1.05 GammaM1=1.05 GammaM2=1.25
An/Ag=1. RLLF=1. PLLF=0.75 D/C Lim=1.

Aeff=0.033 eNy=0. eNz=0.
A=0.033 Iyy=0.001 iyy=0.212 Wel,yy=0.006 Weff,yy=0.006
It=8.000E-06 Izz=3.203E-04 izz=0.099 Wel,zz=0.002 Weff,zz=0.002
Iw=1.769E-05 Iyz=0. h=0.5 Wpl,yy=0.007 Av,y=0.024
E=210000000. fy=355000. fu=510000. Wpl,zz=0.002 Av,z=0.009

STRESS CHECK FORCES & MOMENTS

Location	Ned	Med,yy	Med,zz	Ved,z	Ved,y	Ted
2.5	6.242	-37.176	206.653	75.324	-174.117	1.68

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO (Governing Equation 6.2.9.1(6T))
D/C Ratio: 0.25 = 0. + 0.017 + 0.25 < 1. OK
= (NEd/NRd) + (My,Ed/My,Rd) + (Mz,Ed/Mz,Rd) (6.2.9.1(6T))

AXIAL FORCE DESIGN

	Ned Force	Nc,Rd Capacity	Nt,Rd Capacity
Axial	6.242	11089.524	11089.524

Npl,Rd	Nu,Rd	Ncr,T	Ncr,TF	An/Ag
11089.524	12044.16	119358.921	119358.921	1.

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	b	0.34	487205.362	0.155	0.504	1.	11089.524
MajorB(y-y)	b	0.34	487205.362	0.155	0.504	1.	11089.524
Minor (z-z)	c	0.49	106215.261	0.331	0.587	0.933	10348.959
MinorB(z-z)	c	0.49	106215.261	0.331	0.587	0.933	10348.959
Torsional TF	c	0.49	119358.921	0.312	0.576	0.943	10455.689

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-37.176	-37.176	-10.081	-27.882
Minor (z-z)	206.653	206.653	82.857	154.99

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	2234.133	2234.133	2234.133	2050.938
Minor (z-z)	826.305	826.305	826.305	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.361	0.604	0.918	1.769E-05	18046.6

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.046	0.43	1.12
	za	zs	zg	zz	zj
	0.25	0.	0.25	0.	0.

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.4	0.24	0.931	0.4

SHEAR DESIGN

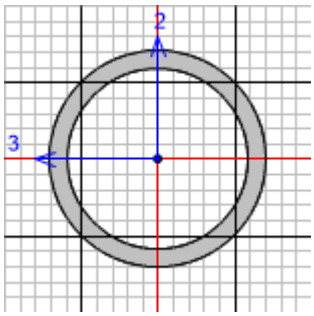
	Ved Force	Ted Torsion	Vpl.Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	75.324	1.68	1717.754	0.994	0.044	OK
Minor (y)	174.117	1.68	4684.783	0.994	0.037	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	1717.754	1.	0.294

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	102.788	127.731

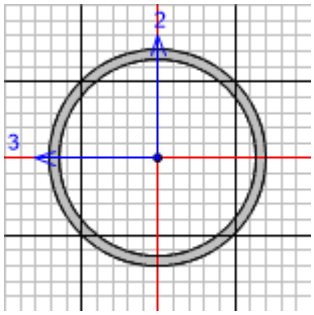
13.30 Pilastrini




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  626      X Mid:  12.       Combo:  SLU1            Design Type:  Column
 Length:  5.05     Y Mid:  28.8      Shape:  PILASTRINI      Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  11.425    Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
 Consider Torsion? Yes

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.009        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.009           Iyy=3.944E-05     iyy=0.065         Wel,yy=3.944E-04    Weff,yy=3.944E-04
 It=7.887E-05      Izz=3.944E-05     izz=0.065         Wel,zz=3.944E-04    Weff,zz=3.944E-04
 Iw=0.             Iyz=0.            h=0.2             Wpl,yy=5.431E-04    Av,y=0.006
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=5.431E-04    Av,z=0.006


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
     Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
     0.               12.329      18.108     -129.23       5.451      -28.07      -0.266

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
     D/C Ratio:    0.715 = 0.004 + sqrt[(0.099)^2 + (0.704)^2  ] <           1.          OK
                         = (NEd/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]       (EC3 6.2.1(7))

 AXIAL FORCE DESIGN
                           Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                         Force    Capacity    Capacity
     Axial              12.329    3126.992    3126.992

                        Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                      3126.992    3396.177  747022.401     669.171          1.

                 Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
     Major (y-y)     c    0.49    3198.317       1.013       1.213       0.532    1664.543
     MajorB(y-y)     c    0.49   10839.475        0.55       0.737       0.814    2546.616
     Minor (z-z)     c    0.49     669.171       2.215       3.447       0.164      513.63
     MinorB(z-z)     c    0.49    4734.183       0.833       1.002       0.642    2006.227
     Torsional TF    c    0.49     669.171       2.215       3.447       0.164      513.63

 MOMENT DESIGN
                           Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                        Moment      Moment      Moment      Moment
```

```
    Major (y-y)       18.108      18.108       3.097       7.243
    Minor (z-z)      -129.23     -129.23     -39.337     -57.316

                      Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                   Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)      183.606     183.606     183.606     183.606
    Minor (z-z)      183.606     183.606     183.606

              Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB           d    0.76       0.174       0.505          1.          0.    6381.253

    Factors      kw      Psi          C2          C3
                  1.    2.35          0.       0.856
                  za      zs          zg          zz          zj
                 0.1      0.         0.1          0.          1.

                         kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors              0.4       0.266        0.24       0.444

 SHEAR DESIGN
                         Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                       Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)          7.043       0.684    1149.333       0.999       0.006          OK
    Minor (y)         45.034       0.684    1149.333       0.999       0.039          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       1149.333          1.          0.
```

13.31 Colonna ϕ900




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  354      X Mid:  4.8       Combo:  SLV2            Design Type:  Column
 Length:  8.9      Y Mid:  21.6      Shape:  Ø900            Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  4.45      Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
 Consider Torsion? Yes

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.108        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.108           Iyy=0.01          iyy=0.304         Wel,yy=0.022        Weff,yy=0.022
 It=0.02           Izz=0.01          izz=0.304         Wel,zz=0.022        Weff,zz=0.022
```

```
Iw=0.            Iyz=0.           h=0.9            Wpl,yy=0.03        Av,y=0.069
E=210000000.     fy=355000.       fu=510000.       Wpl,zz=0.03        Av,z=0.069


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz      Ved,z      Ved,y        Ted
    0.            -3574.036     2627.18   -7526.962   -329.033    924.748     -43.628

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
    D/C Ratio:    0.894 = 0.098 + sqrt[(0.262)^2 + (0.752)^2  ] <          1.          OK
                        = (NEd/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]       (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial           -3574.036   36538.219   36538.219

                      Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                   36538.219   39683.593 8728794.358  125283.692          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     c    0.49  125283.692       0.553        0.74       0.813   29693.264
    MajorB(y-y)     c    0.49  736881.884       0.228       0.533       0.986   36014.108
    Minor (z-z)     c    0.49  125283.692       0.553        0.74       0.813   29693.264
    MinorB(z-z)     c    0.49  736881.884       0.228       0.533       0.986   36014.108
    Torsional TF    c    0.49  125283.692       0.553        0.74       0.813   29693.264

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)       2627.18     2627.18     1313.59    1576.308
    Minor (z-z)     -7526.962   -7526.962   -3763.481   -4516.177

                        Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                     Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)     10009.422   10009.422   10009.422   10009.422
    Minor (z-z)     10009.422   10009.422   10009.422

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76       0.101       0.468          1.          0.  1020630.15

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.     1.75          0.       0.941
                   za      zs          zg          zz          zj
                 0.45      0.        0.45          0.          1.

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.602       0.361       0.361       0.602

SHEAR DESIGN
                          Ved         Ted      Vpl.Rd   Reduction      Stress      Status
                        Force     Torsion    Capacity      Factor       Ratio       Check
    Major (z)         341.192      91.777   13429.711       0.999       0.025          OK
    Minor (y)         977.527      91.777   13429.711       0.999       0.073          OK

                      Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction      13429.711          1.          0.
```

13.32 Controventi ϕ25

Si esegue la verifica a trazione dei controventi.

Geometria:

Diametro	d =	25	mm
Lunghezza asta	L =	3.40	m
Sezione trasversale	A =	491	mm2
Momento d'inerzia	J =	1.9175 E+04	mm4

Sollecitazioni:

Sforzo assiale di trazione	N max =	120	kN

Si eseguono le verifiche strutturali a trazione secondo quanto esplicitato nel §4.2.4.1 delle NTC2018.

Resistenza plastica a trazione:

L'azione assiale di progetto NEd deve rispettare la seguente condizione:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

,

dove Nt, Rd per sezione lorda A è pari a:

$$N_{pl,Rd} = \frac{Af_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

Si ottiene: Nt,Rd = 166 kN > Nt,Ed = 120 kN

FS = 1.38

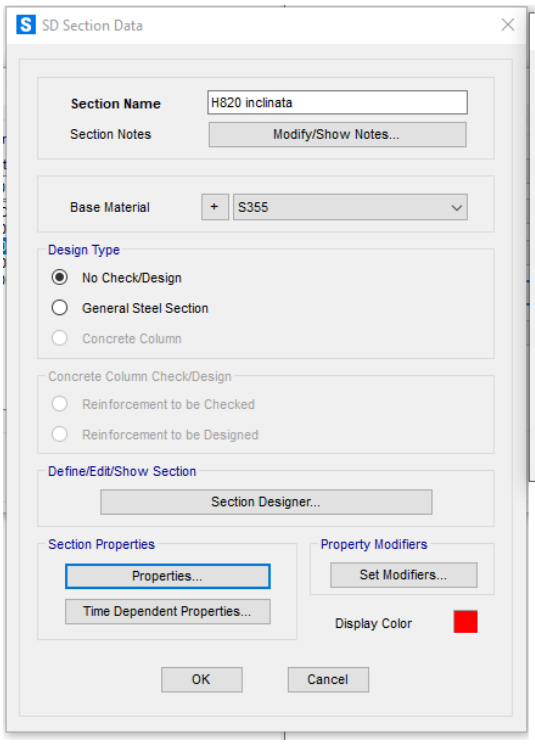
La verifica è soddisfatta.

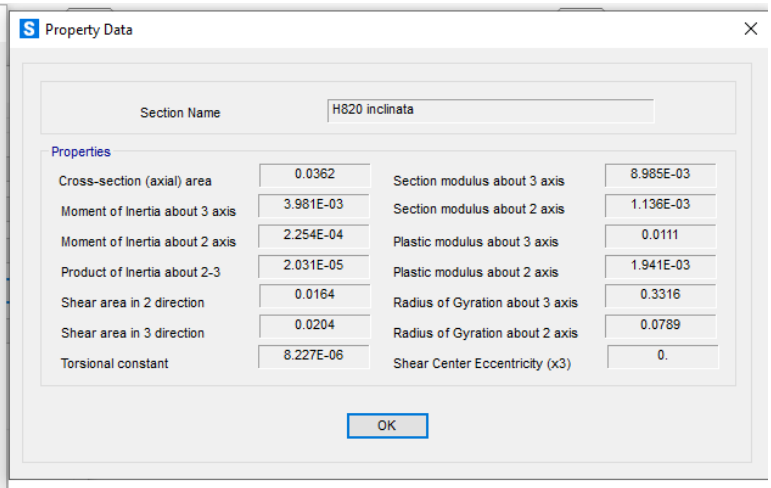
13.33 Note sulla modellazione delle travi con ala inferiore inclinata

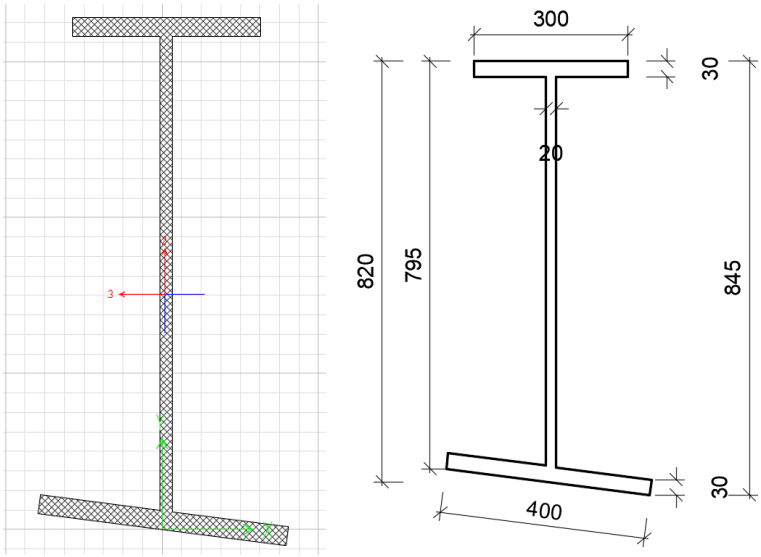
Le travi con ala inferiore inclinata sono state modellate considerando l'ala ortogonale all'anima. Tale approssimazione non comporta variazioni tensionali significative. Si riporta un confronto, in termini di caratteristiche inerziali, e quindi di resistenza, tra due sezioni aventi la stessa geometria, ma con ala inferiore avente inclinazione diversa.

Nel dettaglio si sceglie di confrontare la trave del grigliato inferiore che risulta più sollecitata, cioè "var. 1200s-820", con sezione ad altezza variabile da 1200mm a 820mm, della quale si considera la sezione di estremità con altezza minore.

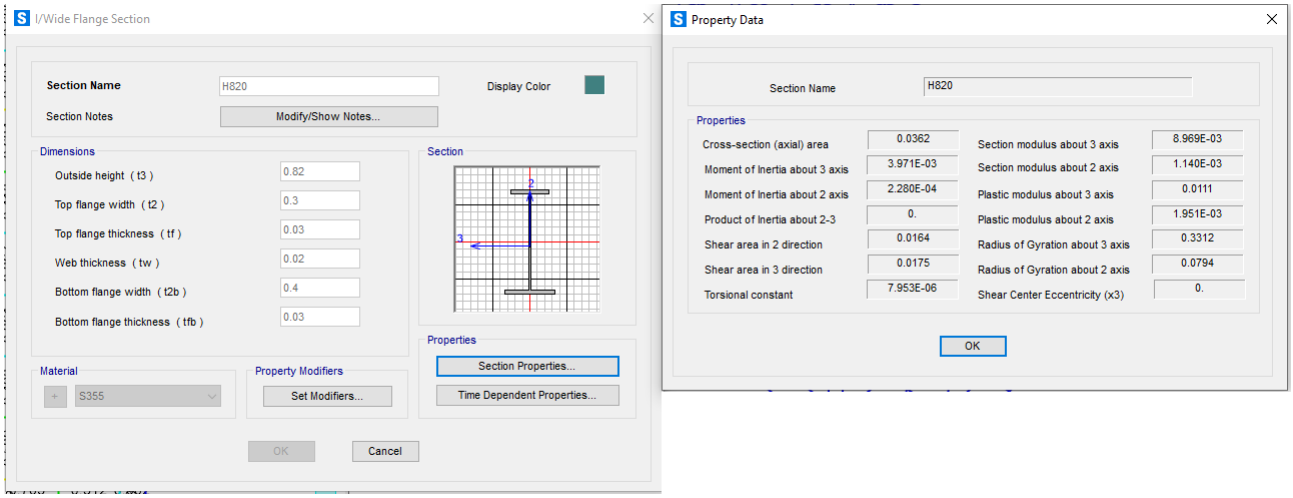
<u>Sezione con ala inferiore inclinata</u>







Sezione con ala inferiore orizzontale – considerata nelle verifiche



Confronto

Facendo un rapporto tra le caratteristiche inerziali considerate nelle verifiche strutturali degli elementi costituenti il modello di calcolo (cioè con ala inferiore ortogonale all'anima) e quelle della stessa sezione avente ala inferiore inclinata, si ottengono delle piccole variazioni di rigidezza, come espresso di seguito.

H820 ala inferiore ortogonale all'anima		
Area	0.036200	m2
Jx	0.003971	m4
Jy	0.000228	m4
Wx	0.008969	m3
Wy	0.001140	m3

H820 ala inferiore inclinata		
Area	0.036200	m2
Jx	0.003981	m4
Jy	0.000225	m4
Wx	0.008985	m3
Wy	0.001136	m3

% di variazione
0.00%
0.25%
-1.14%
0.18%
-0.35%

Jx = momento d'inerzia rispetto all'asse forte
Jy = momento d'inerzia rispetto all'asse debole

Le variazioni con segno negativo rappresentano una riduzione nel caso di ala inclinata, rispetto al caso di ala ortogonale; viceversa, le variazioni con segno positivo, rappresentano un aumento.

Considerando le modeste variazioni tra i due casi di modellazione, si può concludere che l'approssimazione adottata non comporta variazioni tali da implicare modifiche sostanziali nei risultati delle verifiche strutturali.

13.34 Effetti dovuti alla presenza delle forature per il passaggio degli impianti

Per permettere il passaggio dei collettori di smaltimento delle acque, le anime di alcuni conci di trave dovranno essere forate. Il diametro del foro è di 230 mm. Tale foratura comporta una riduzione della sezione resistente a taglio della trave.
Si determinano le riduzioni per le travi per le quali si prevede tale foratura.

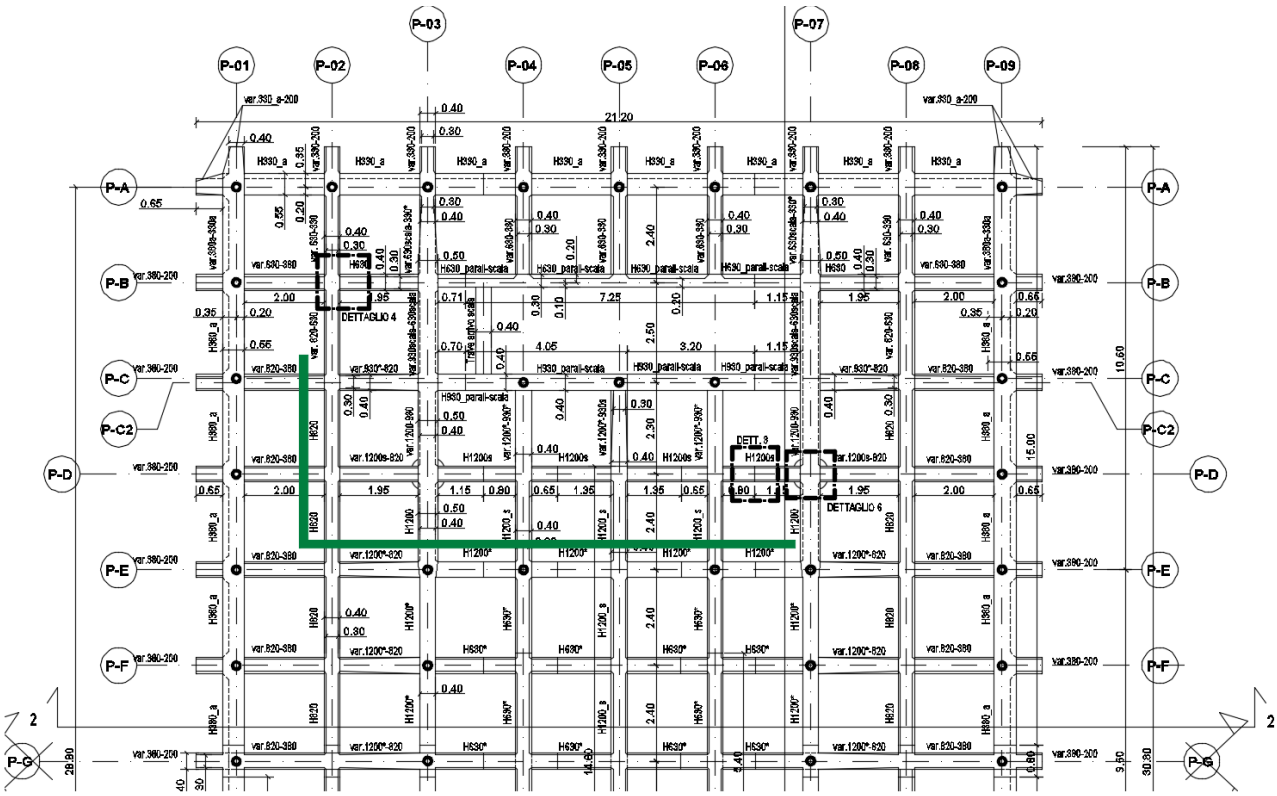


Figura 64: Individuazione dei conci interessati dal passaggio degli impianti

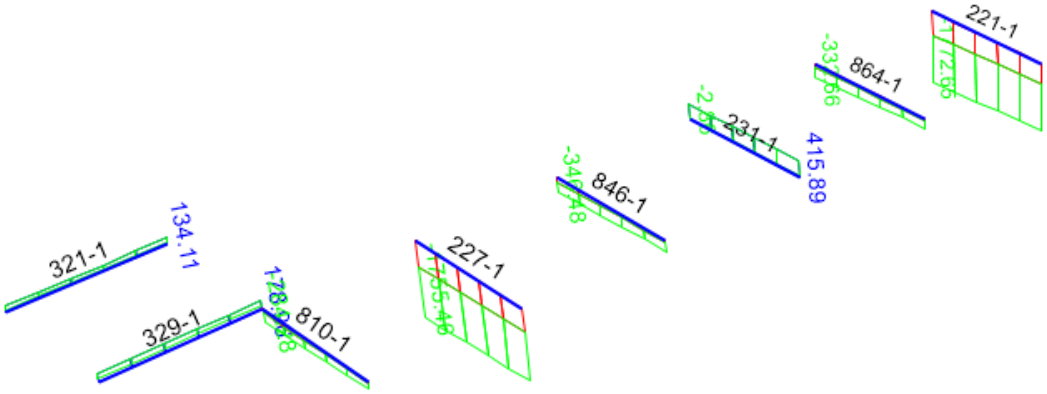


Figura 65: Tagli massimi agenti sui conci interessati - stralcio

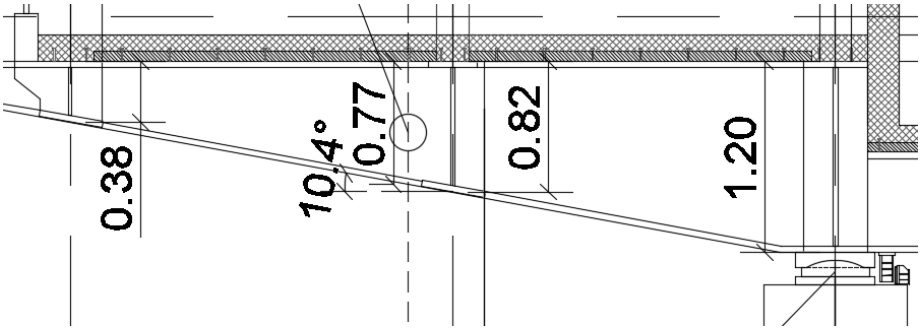


Figura 66: Sezione di altezza minore in cui è presente la foratura

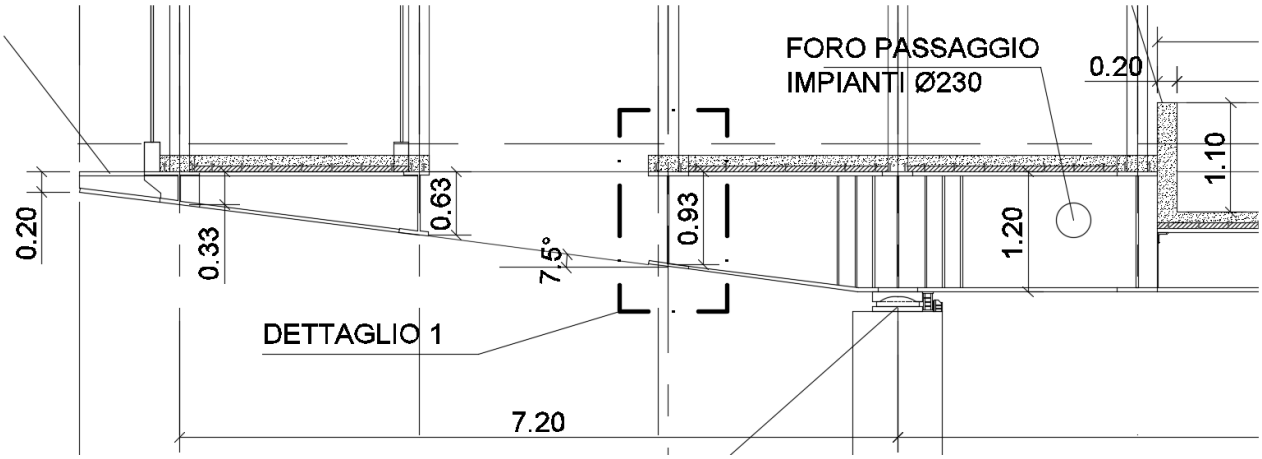


Figura 67: Sezione di altezza maggiore in cui è presente la foratura

Nella tabella che segue sono state riportate le sollecitazioni massime di taglio per ciascuna sezione in cui si prevede la foratura. Si dimostra che, nonostante la riduzione di Av, si garantisce il soddisfacimento delle verifiche a taglio.

		d foro	h min trave forata	sp anima	Av	Av netta	riduzione Av	Ved max	Vrd, ridotto	FS	comb
frame	concio	mm	mm	mm	mm2	mm2	-	kN	kN	-	-
231	H1200s	230	1200	20	24000	19400	-19%	415.9	3787	9.11	SLU1
221	H1200	230	1200	30	36000	29100	-19%	1772.7	5680	3.20	SLU1
810	H820	230	820	20	16400	11800	-28%	284.3	2303	8.10	SLU1
321	var.820-380	230	770	20	15400	10800	-30%	134.1	2108	15.72	SLU3

13.35 Verifica locale della trave di bordo

Si esegue una verifica locale per la trave di bordo della piastra di scavalco, con lo scopo di analizzare nel dettaglio il comportamento della stessa sotto le azioni orizzontali derivanti dai seguenti carichi:

- pressione del vento sul parapetto (h max = 2.55 m)
- carico esercitato dalla folla sul parapetto.

Si considera la sezione H330_a, avente la seguente geometria:

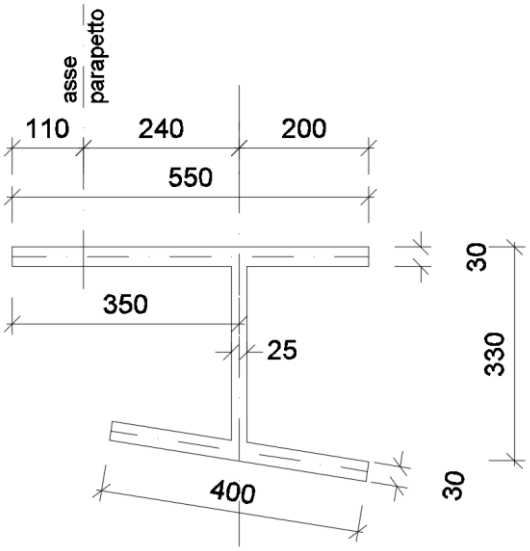


Figura 68: Trave di bordo con altezza minima

È stato realizzato un modello di calcolo agli EF con il programma Straus7, in cui si schematizza, mediante elementi plate di spessore opportuno, un concio di trave di lunghezza pari a un campo del grigliato della Piastra, ovvero 2.40 m, incastrato agli estremi. Gli elementi plate che compongono la trave si distinguono in:

- elementi di spessore 30 mm per le ali della trave;
- elementi di spessore 25 mm per l'anima della trave;
- elementi di spessore 20 mm per gli irrigidenti.

I bulloni di collegamento tra l'ala superiore della trave e il parapetto hanno passo longitudinale di 20 cm, pertanto è stato considerato un passo degli irrigidenti pari a 40 cm.

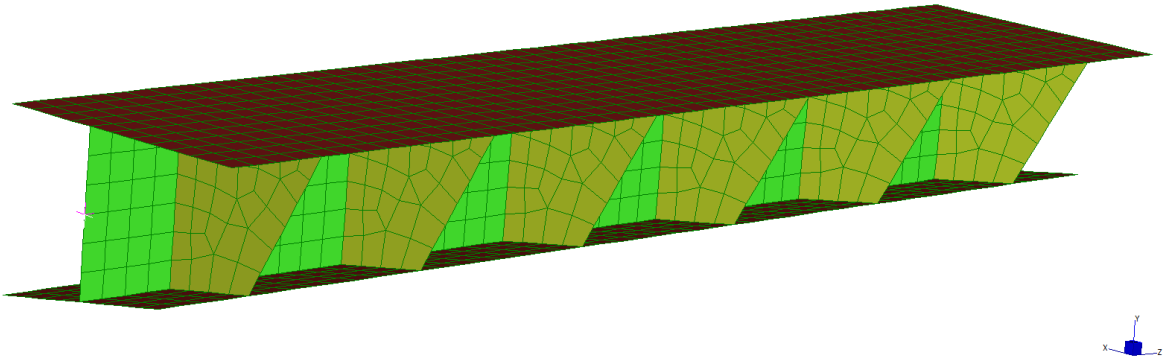


Figura 69: Modello di calcolo – vista 3D

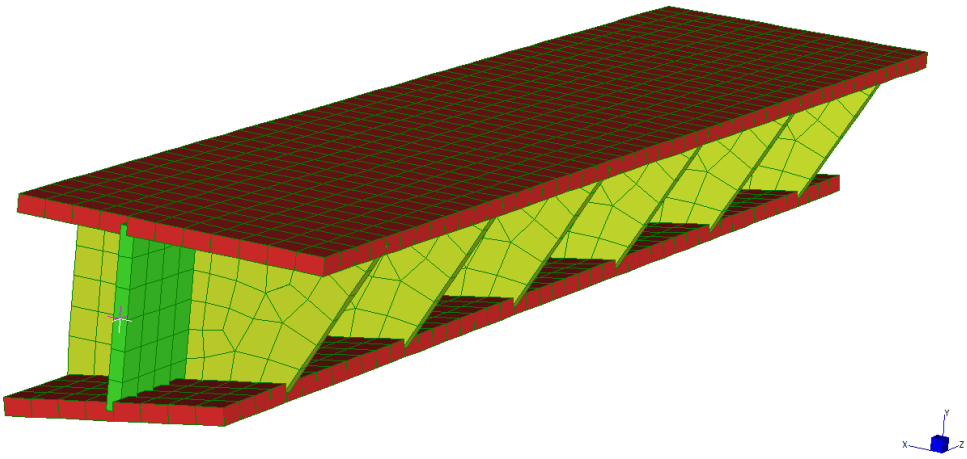


Figura 70: Modello di calcolo – vista 3D estrusa

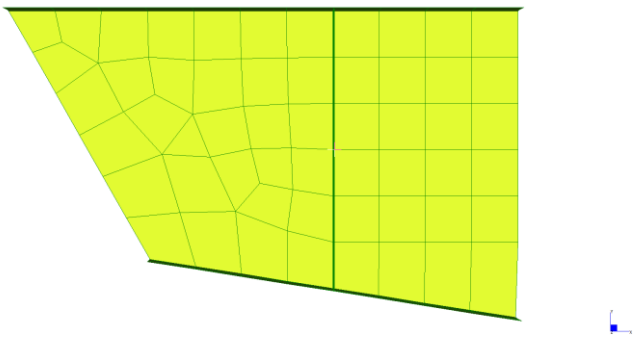


Figura 71: Modello di calcolo – vista frontale

Le forze sono state applicate nel punto di applicazione della risultante di ogni forza, ovvero a metà altezza del parapetto (distanza di 1.257 m dall'ala superiore della trave).

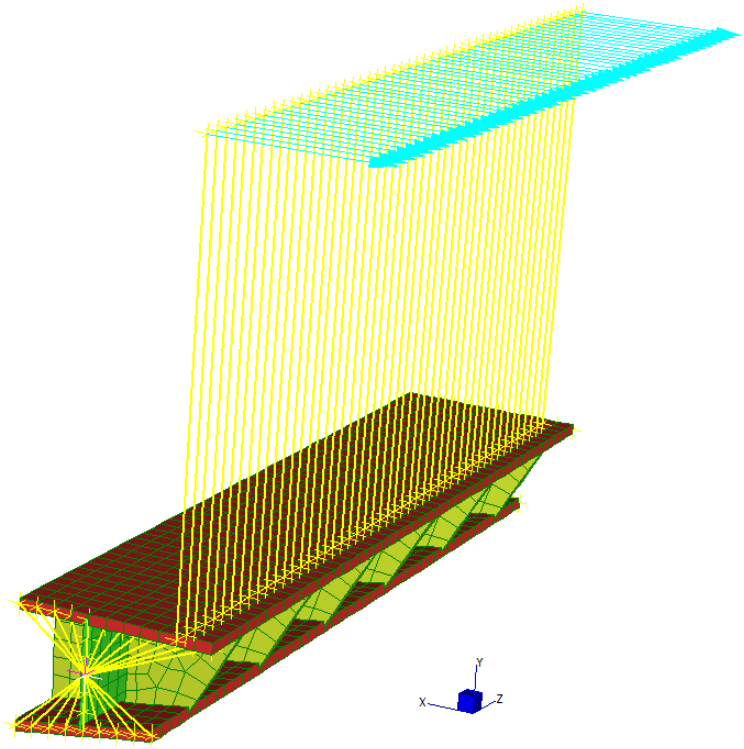


Figura 72: Modello di calcolo – esempio di applicazione del carico orizzontale

I carichi precedentemente esposti sono stati combinati, considerando anche i pesi propri, secondo quanto indicato al § 12.

Si riportano la deformata e le tensioni per la combinazione più gravosa.

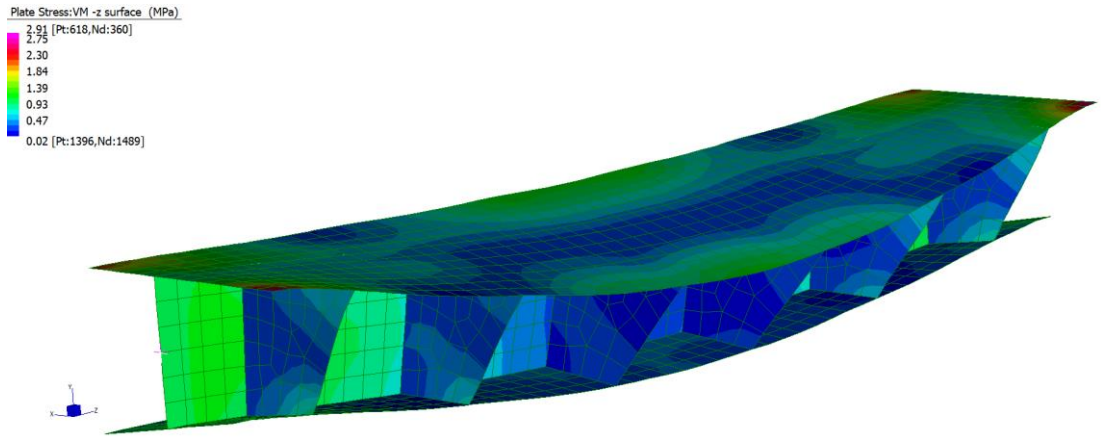


Figura 73: Modello di calcolo – tensioni di Von Mises SLU

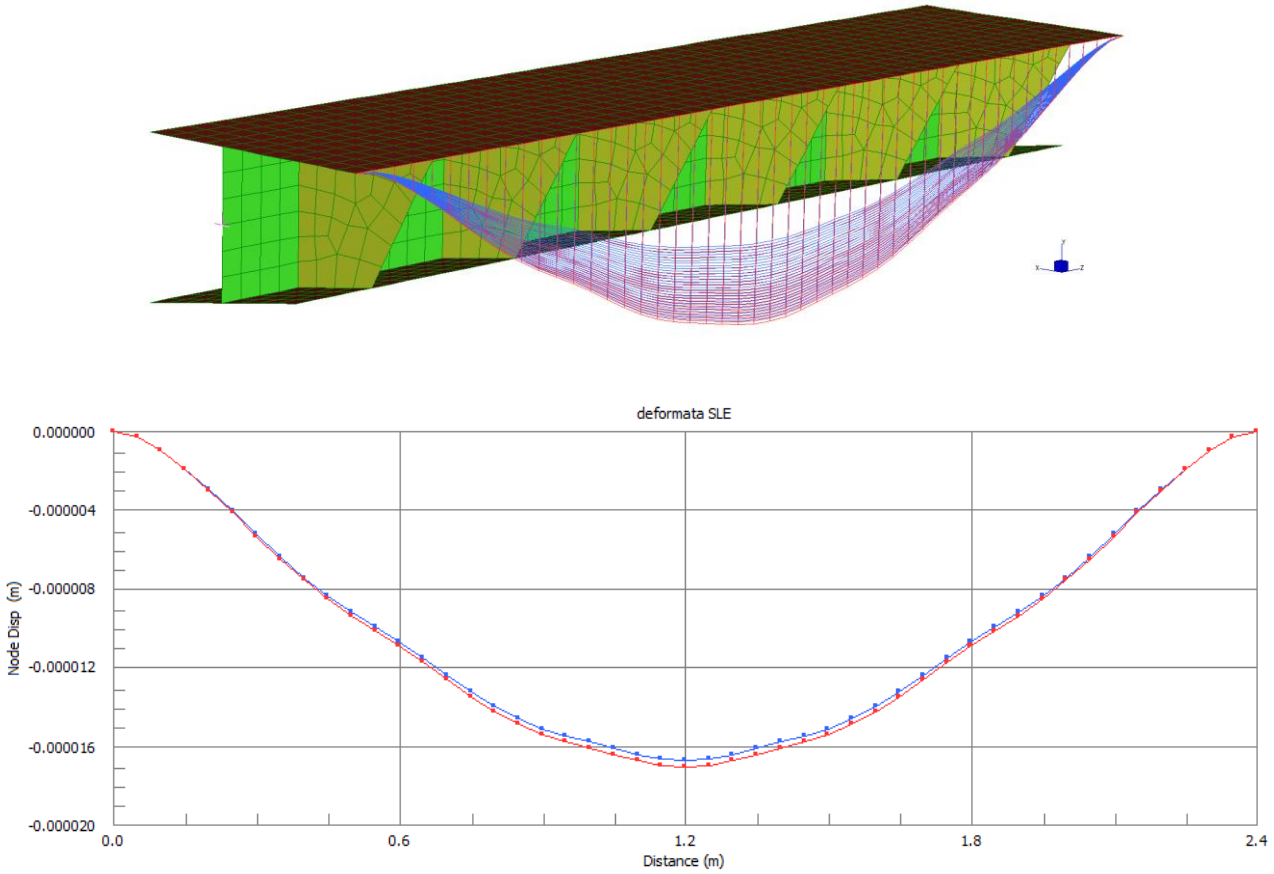


Figura 74: Modello di calcolo – abbassamenti SLE

Le tensioni e gli abbassamenti assumono valori modesti, compatibili con il materiale e la geometria degli elementi.

14 ROBUSTEZZA STRUTTURALE

Con riferimento alla robustezza strutturale secondo la circolare esplicativa delle NTC 2018, al §C2.2.5, l'effettivo livello di robustezza di una costruzione dipende anche, ed in modo non trascurabile, dalle peculiarità del progetto, ed è estremamente complesso da quantificare attraverso prescrizioni progettuali, unicamente riconducibili a verifiche numeriche; esso attiene, più in generale, alla corretta concezione dell'organismo strutturale.

In questa fase, si risponde al requisito di robustezza secondo le prescrizioni contenute nelle NTC, tenendo conto dei criteri di progettazione per le azioni sismiche e per le azioni eccezionali di urto ferroviario e di incendio, garantendo il conseguimento di livelli di robustezza che possono essere ritenuti tipicamente soddisfacenti.

Tali azioni influiscono soprattutto sul comportamento delle 4 colonne portanti.

Si osserva a tal proposito che, globalmente, in condizioni statiche (SLE e SLU) il il fattore di sicurezza strutturale è molto elevato (tasso di lavoro molto basso).

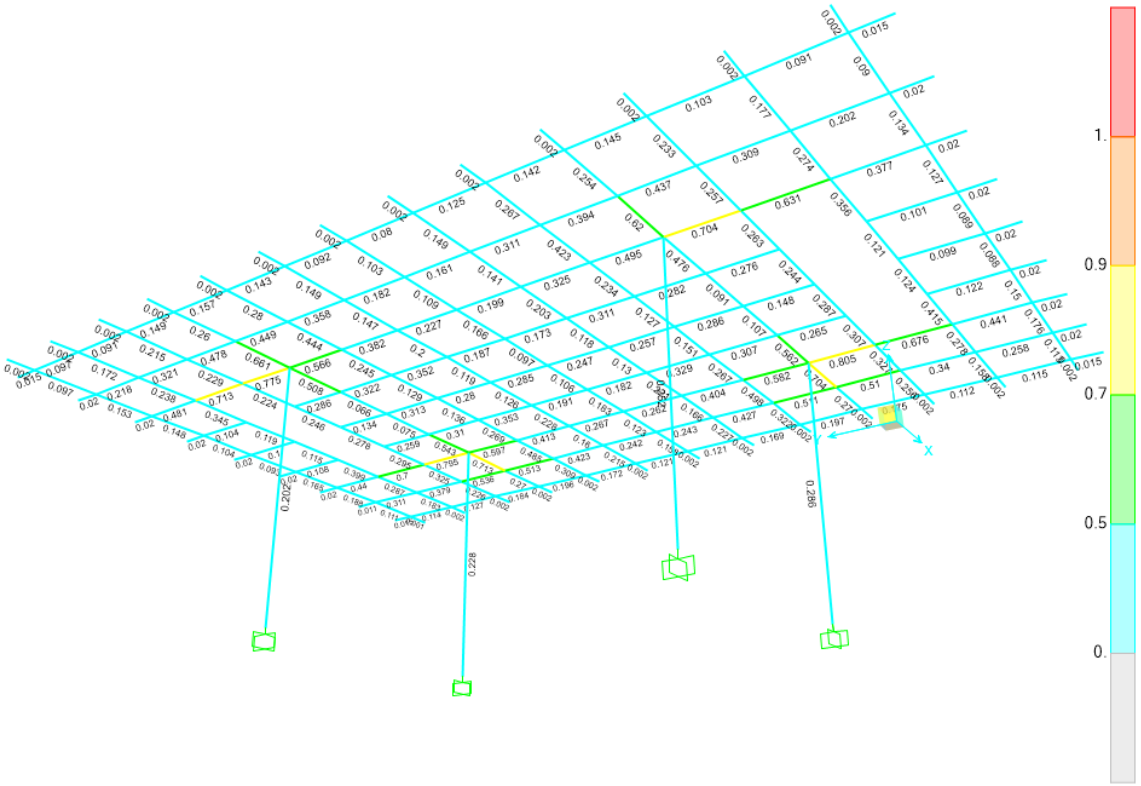


Figura 75: Tasso di lavoro in condizioni statiche – verifica grafica grigliato inferiore e colonne

Si riporta il confronto tra il tasso di lavoro delle colonne in condizioni statiche e in condizioni sismiche/eccezionali:

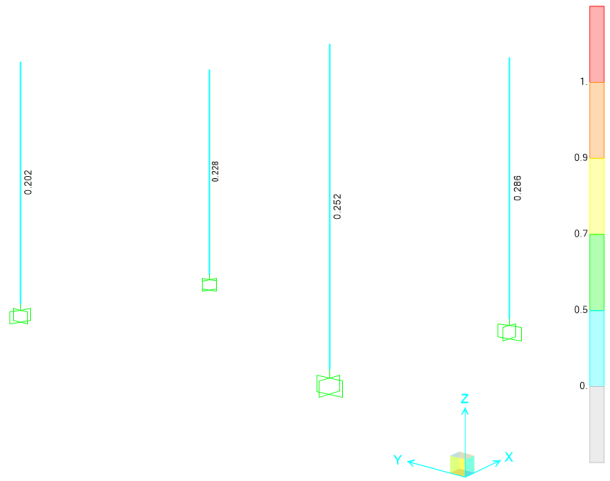


Figura 76: Tasso di lavoro in condizioni statiche

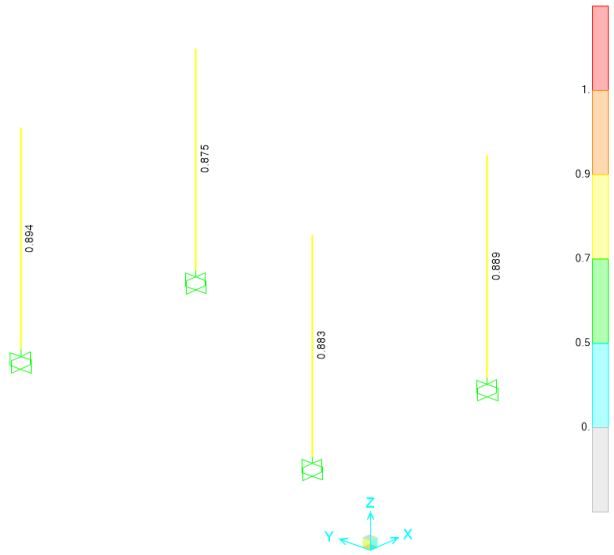


Figura 77: Tasso di lavoro in condizioni sismiche/eccezoinali

In condizioni statiche ρ max=D/C =0.286 (ovvero FS = 3.5)

In condizioni sismiche o eccezionali ρ max=D/C =0.894 (ovvero FS = 1.12)

14.1 Verifica robustezza strutturale senza un pilastrino

A dimostrazione della adeguata robusteza strutturale, si esegue una ulteriore verifica considerando la situazione in cui uno tra i pilastrini di piano (ϕ200) subisca un danneggiamento e non sia più un elemento portante della copertura.

Si analizzano tre casi, in cui si eliminano dal modello i pilastrini più sollecitati, come in figura sottostante.

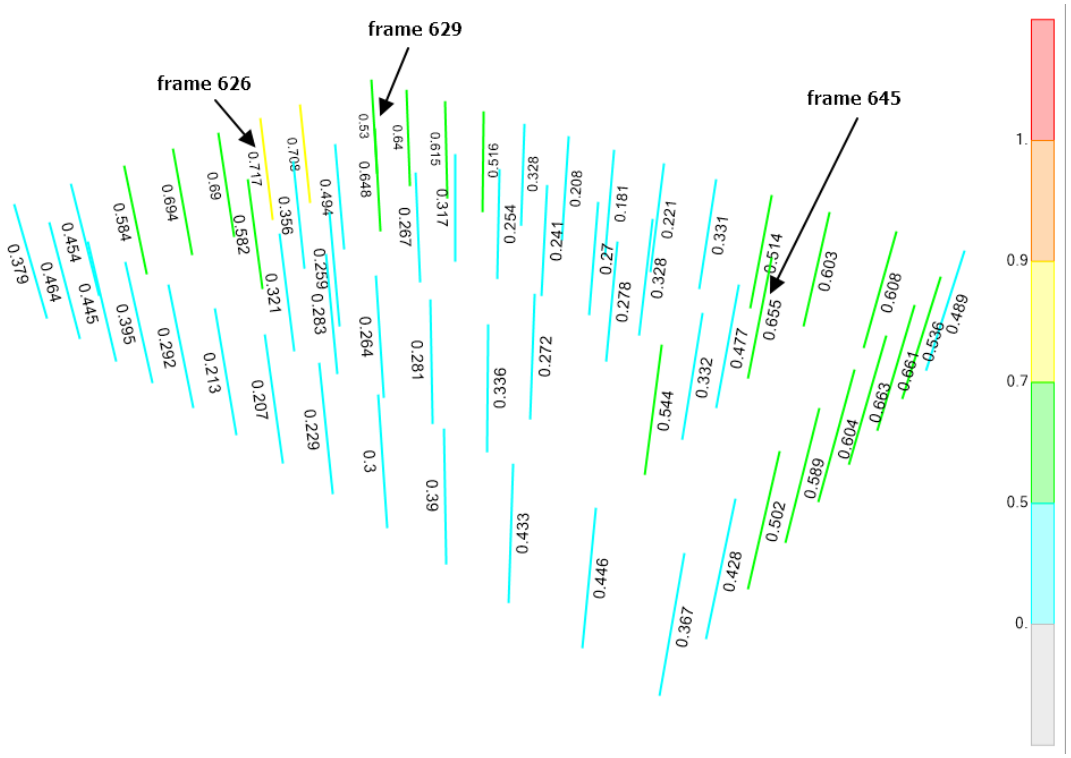


Figura 78: Individuazione dei pilastrini rimossi (un pilastro per ciascun caso)

Come indicato a seguire, nonostante la rimozione del pilastro la Piastra di scavalco, nel suo complesso, non subisce ripercussioni strutturali (in nessun vaso il tasso di lavoro supera il valore di 1).

14.1.1 Caso 1 - Rimozione pilastro di bordo – frame 626

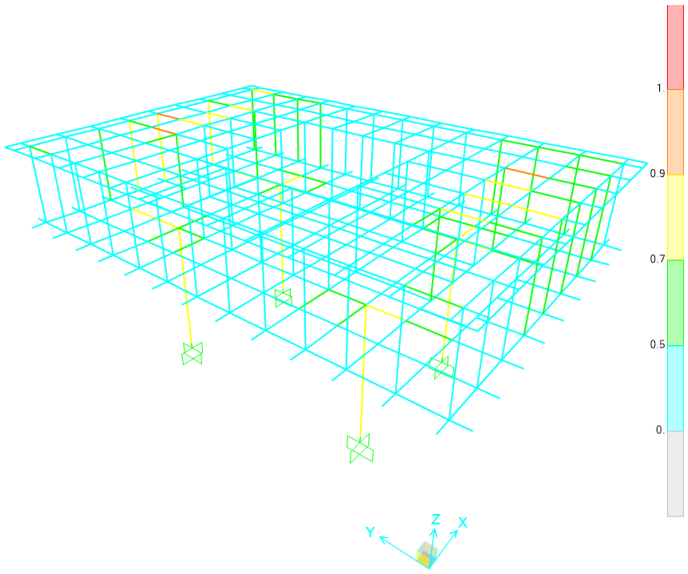


Figura 79: Caso 1 – Rimozione del pilastrino di bordo – Risultati verifiche strutturali

14.1.2 Caso 2 - Rimozione pilastro di angolo – frame 629

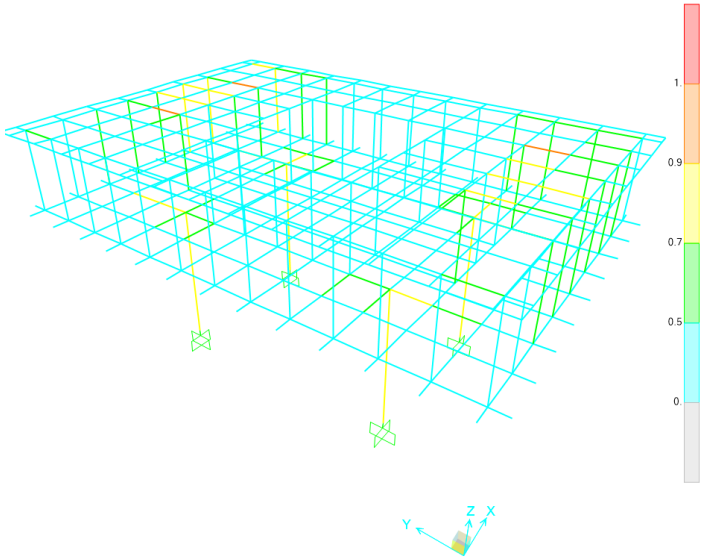


Figura 80: Caso 2 – Rimozione del pilastrino di angolo – Risultati verifiche strutturali

14.1.3 Caso 3 - Rimozione pilastro lato scala – frame 645

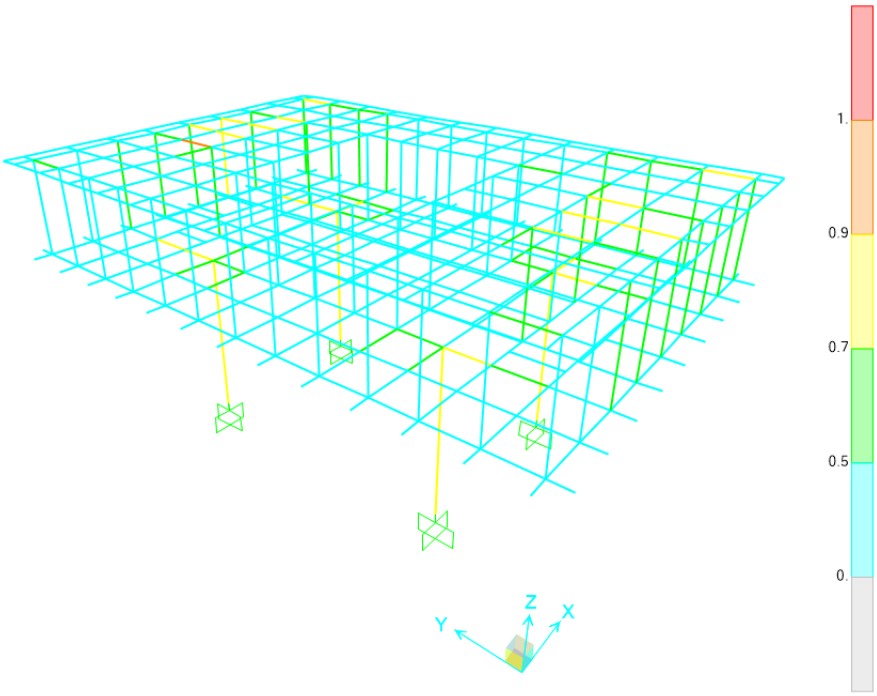


Figura 81: Caso 3 – Rimozione del pilastrino dlato scala – Risultati verifiche strutturali

15 RESISTENZA AL FUOCO

Si utilizza il metodo grafico di valutazione della resistenza al fuoco di strutture in acciaio basato su EN 1993-1-2 "Progettazione delle strutture di acciaio. Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio" (Luglio 2005).

Il "***Nomogramma***" è un semplice supporto operativo, basato sull'Eurocodice sopra citato, per la stima della resistenza al fuoco delle strutture di acciaio.

La resistenza al fuoco richiesta è **R15**.

15.1 Principi di calcolo

La sezione risulta verificata fino a che la resistenza di progetto è superiore alle sollecitazioni di progetto:

$$E_{fi,d} \leq R_{fi,d,t}$$

Dove:

- $E_{fi,d}$ = sollecitazione di progetto dell'elemento in caso di incendio, ottenuta attraverso la combinazione dei carichi definita nel Testo Unitario "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- $R_{fi,d,t}$ = resistenza di progetto della sezione durante l'incendio, al tempo t, calcolata in accordo a EN 1993-1-2. ($\gamma_{M,fi}$ = 1.0).

Le ipotesi principali sono quelle valide nell'ambito del metodo di calcolo semplificato per singoli elementi:

- la curva di incendio impiegata nel calcolo è la curva temperatura-tempo nominale standard (ISO834);
- la temperatura è uniforme sull'elemento strutturale ad ogni istante;
- si trascurano gli effetti delle dilatazioni termiche;
- per le sezioni di classe di duttilità 4 la temperatura critica è 350°C;
- il procedimento è valido per tutti i tipi di acciaio indicati in EN 10025.

Le caratteristiche meccaniche dell'acciaio cambiano al variare della temperatura (*Figura 82*). Per un elemento con distribuzione di temperatura uniforme la temperatura critica è definita come la temperatura per la quale la resistenza diventa uguale alla sollecitazione dovuta ai carichi applicati.

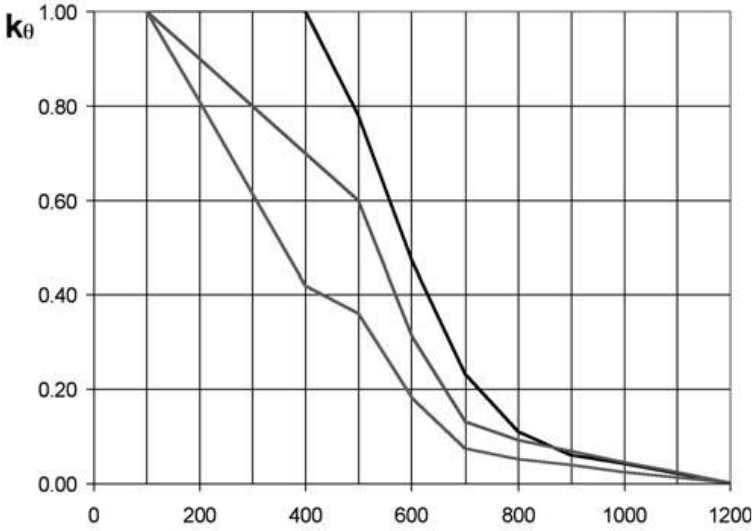


Figura 82: Curve di riduzione delle caratteristiche meccaniche dell'acciaio

L'incremento di temperatura negli elementi in acciaio è legato a:

- Fattore di sezione: corrisponde al rapporto tra la superficie esposta al flusso di calore e il volume dell'elemento per unità di lunghezza (per i profili a sezione costante il fattore di sezione corrisponde al rapporto tra il perimetro della sezione trasversale esposto e l'area della stessa).
- Proprietà termiche del materiale di protezione:

λp conducibilità termica	[W/(m · K)]
cp calore specifico	[J/(kg · K)]
ϱp densità	[kg/m3]

15.2 Distribuzione di temperatura

I fattori k1 e k2 sono utilizzati allo scopo di tenere in conto gli effetti della distribuzione non uniforme di temperatura sulla sezione trasversale e lungo l'asse del profilo nel caso di elementi staticamente indeterminati. Il valore dei fattori deve essere scelto in analogia a quanto specificato di seguito:

k1: fattore per la distribuzione non uniforme sulla sezione trasversale

k1 = 1	per esposizione al fuoco su 4 lati
k1 = 0.7	per sezioni non protette con esposizione al fuoco su 3 lati

k1 = 0.85 per sezioni protette con esposizione al fuoco su 3 lati

k2: fattore per la distribuzione non uniforme lungo l'elemento

k2 = 0.85 in corrispondenza dei vincoli per travi iperstatiche

k2 = 1 in tutti gli altri casi

Nel calcolo è necessario determinare k = k1 * k2.

15.3 Procedimento di calcolo della temperatura critica dell'elemento

15.3.1 Elementi tesi e inflessi

1. Calcolo del fattore di utilizzazione μ0

$$\mu_0 = \frac{E_{fi,d}}{R_{fi,d,0}}$$

2. Determinazione del coefficiente k per la distribuzione di temperatura.
3. Determinazione della temperatura critica dal grafico (*Figura 83*).

15.3.2 Elementi compressi

La resistenza all'instabilità di progetto Nb,fi,Rd di elementi di classe 1, 2 o 3 con temperatura uniforme θ, può essere definita come segue:

$$N_{b,fi,Rd} = \chi_{fi} \cdot A \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y = f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} \cdot A$$

Dove:

A = area della sezione

$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}}$ = tensione critica di compressione alla temperatura θ e per snellezza adimensionale $\bar{\lambda}$

$$f'_{y,\theta,\bar{\lambda}} = \chi_{fi} \cdot k_{y,\theta} \cdot f_y$$

1. Determinazione della snellezza adimensionale dell'elemento:

$$\bar{\lambda}_{(20°C)} = \frac{\lambda}{\lambda_1} = \frac{l_{fi}}{i \cdot \lambda_1}$$

dove:

l fi = lunghezza di libera inflessione

i = raggio di inerzia della sezione

$$\lambda_1 = 93{,}9 \cdot \sqrt{\frac{235}{f_y}} \qquad f_y\ [N/mm^2]$$

2. Calcolo della tensione critica di compressione, per la quale la resistenza diventa uguale al carico applicato:

$$f'_{y,\theta\bar{\lambda}} = \frac{N_{fi,Ed}}{A}$$

dove:

Nfi,Ed = sollecitazione di progetto in caso di incendio

A = area della sezione

3. Determinazione della temperatura critica in accordo alla tabella Tab. 7 per S355.

Temperatura critica θ_a - S355

	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
$\bar{\lambda}_{(20°C)}$	$f'_{y,\theta\bar{\lambda}}$ [N/mm²]					
0,0	355	277	167	82	39	21
0,1	334	261	157	76	37	20
0,2	313	246	147	71	35	19
0,3	293	231	137	66	33	18
0,4	272	215	126	60	31	17
0,5	250	199	116	54	28	16
0,6	227	182	105	49	26	15
0,7	204	165	94	43	24	14
0,8	182	148	83	38	21	13
0,9	161	132	73	33	19	12
1,0	143	118	65	29	17	11
1,1	126	105	57	25	15	10
1,2	112	93	51	22	14	9
1,3	100	83	45	19	12	8
1,4	89	75	40	17	11	8
1,5	80	67	36	15	10	7
1,6	72	61	32	14	9	6
1,7	65	55	29	13	8	6
1,8	59	50	26	11	7	5
1,9	54	46	24	10	7	5
2,0	49	42	22	9	6	4

15.4 Procedimento di calcolo della resistenza al fuoco dell'elemento

Per le sezioni non protette è possibile utilizzare il fattore di sezione modificato per tenere conto dello "shadow effect":

$$\left[\frac{A_m}{V}\right]_{sh} = 0{,}9 \cdot \left[\frac{A_m}{V}\right]_b \quad \text{per sezioni a doppio T } (m^{-1})$$

$$\left[\frac{A_m}{V}\right]_{sh} = \left[\frac{A_m}{V}\right]_b \quad \text{per altri tipi di sezione } (m^{-1})$$

in cui:

Am = superficie esposta al fuoco per unità di lunghezza

V = volume di acciaio per unità di lunghezza

$\left[\frac{A_m}{V}\right]_{sh}$ fattore di sezione modificato

$\left[\frac{A_m}{V}\right]_{b}$ fattore di sezione per protezioni scatolari (vedi tab. 12)

15.5 Determinazione del carico di incendio

Con lo scopo di definire la sollecitazione di esercizio in caso di incendio (combinazione eccezionale), data la superficie di esposizione degli elementi principali della struttura in esame, si determina la temperatura massima raggiungibile in 15 minuti.

	Am	V	fattore di sezione
Colonne ϕ900	2.827	0.108	26
Travi h 1200	3.48	0.058	60
	m2/m	m3/m	1/m

Dove

Am = superificie esposta al fuoco per unità di lunghezza,

V = volume di acciaio per unità di lunghezza

Si considera la curva con rapporto **Am/V = 60**, per sezioni non protette.

Partendo dal valore in ascissa di resistenza al fuoco pari a 15 min, si ricava il valore in ordinata corrispondente a tale curva, ovvero **T=445°C**.

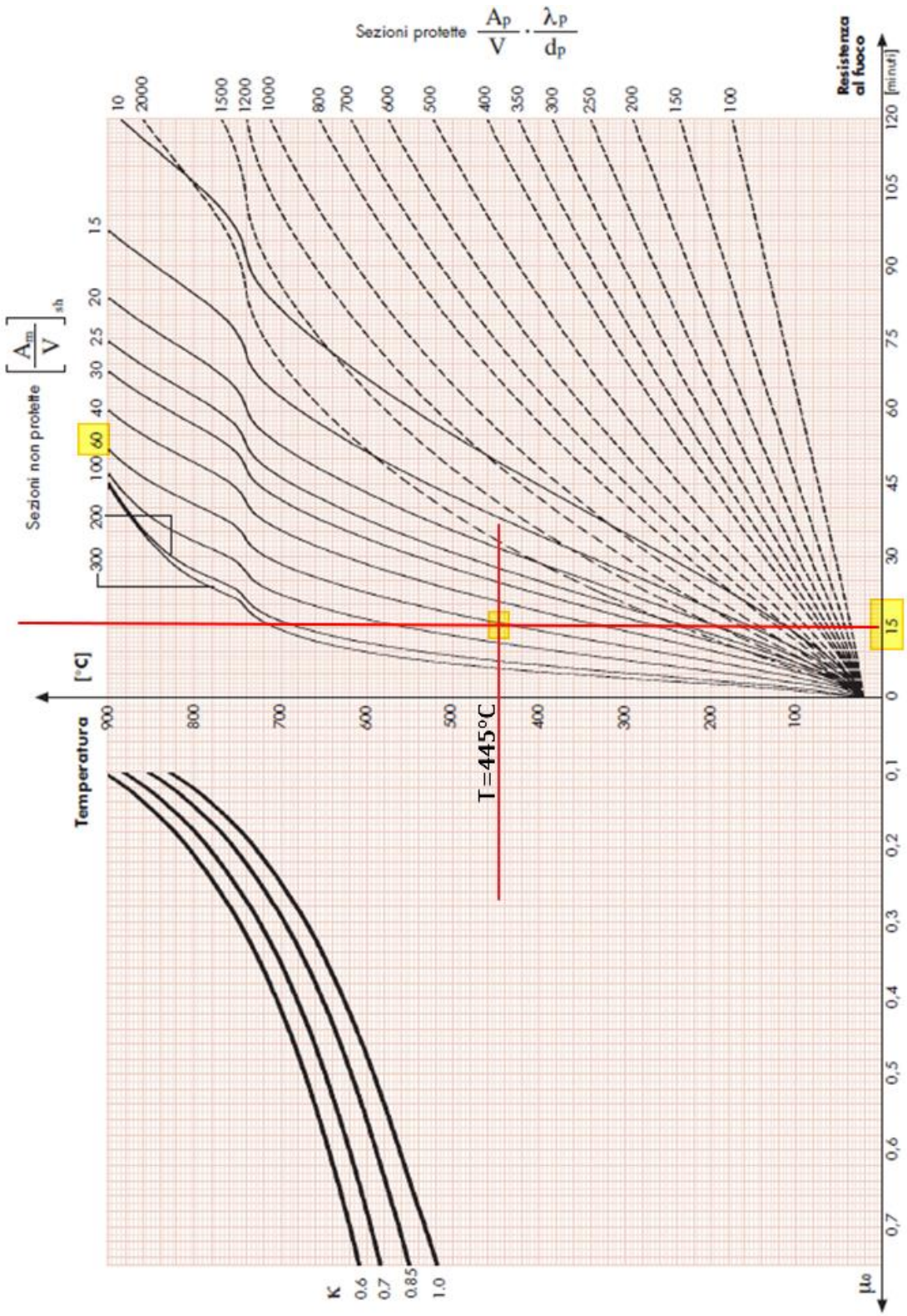


Figura 83: Nomogramma

Si inserisce tale valore della temperatura all'interno del modello di calcolo e si ricava la sollecitazione per combinazione di carico eccezionale:

$G_1 + G_2 + A_d + \Sigma\ \psi_{2i}\ Q_{ki}$

Dove Ad = azione data dal carico di incendio.

15.6 Analisi delle sollecitazioni per carico di incendio

Si riportano di seguito le sollecitazioni che nascono all'interno degli elementi strutturali della Piastra.

	P	V2	V3	M2	M3
	KN	KN	KN	KN-m	KN-m
Colonne ϕ900 *	-2958	-344	-523	-5	-3955
Travi *	-558	-1130	-24	-1	-38

** Sollecitazioni non contemporanee*

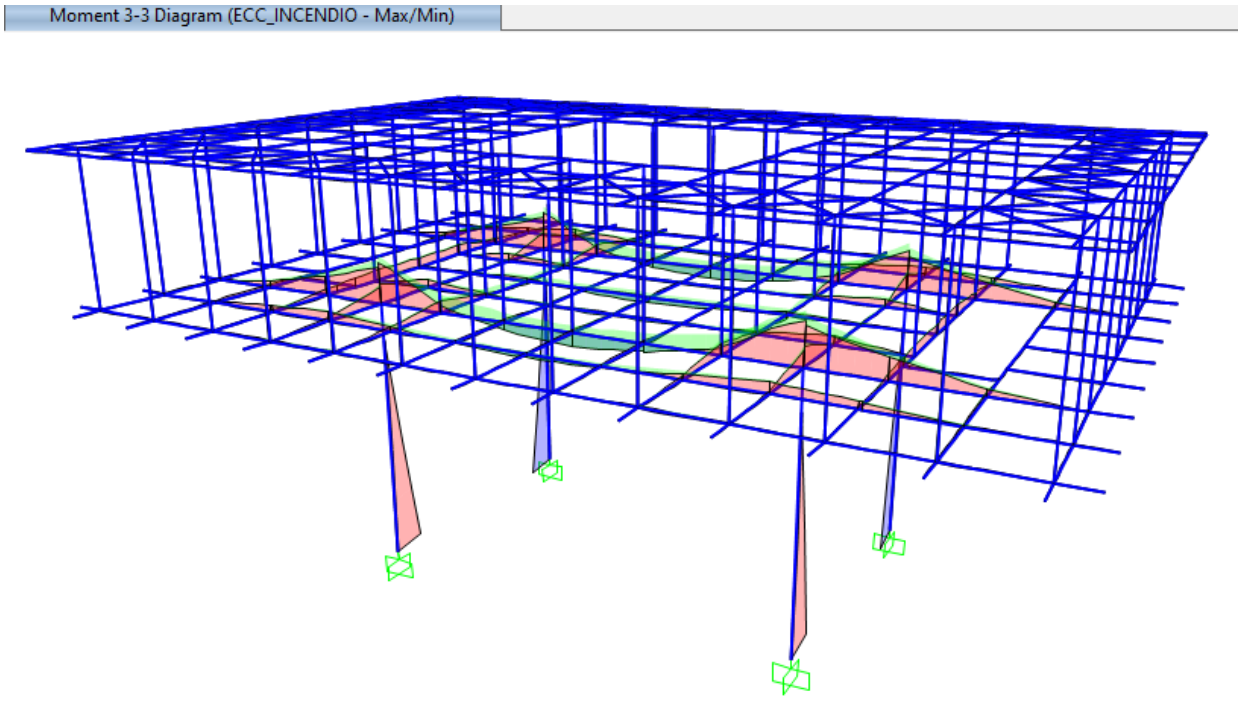


Figura 84: Momento flettente M33 – Incendio

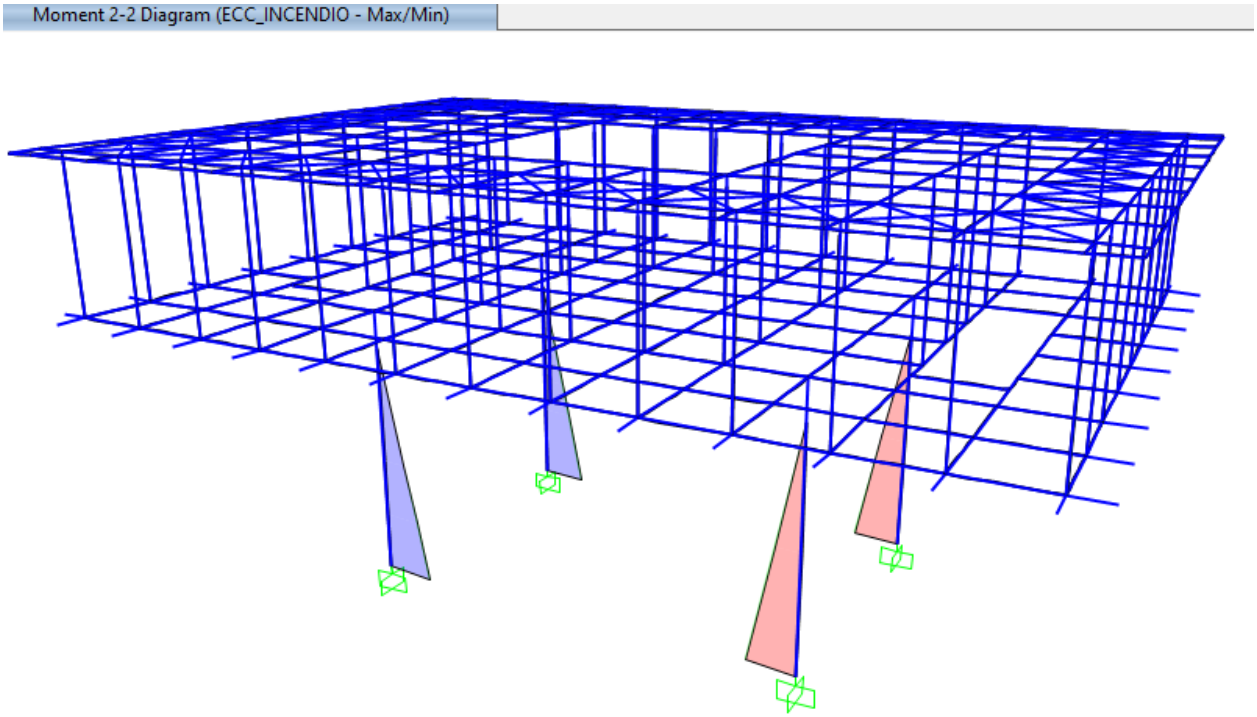


Figura 85: Momento flettente M22 - Incendio

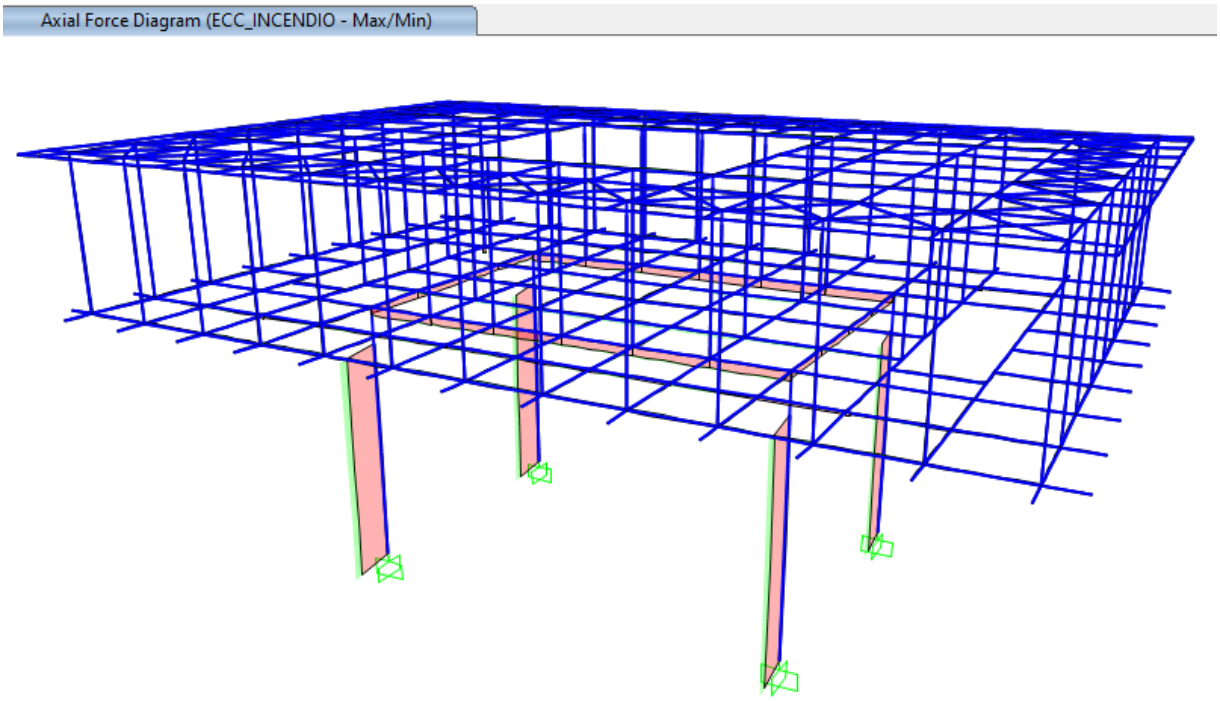
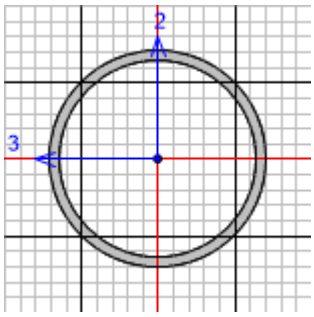


Figura 86: Sforzo normale N - Incendio

Le sollecitazioni sopra riportate sono inferiori ai valori di resistenza per ciascun elemento, pertanto la resistenza al fuoco è garantita.

Per completezza si riportano le verifiche in combinazione eccezionale per le sezioni maggiormente sollecitate.

15.6.1 Colonne ϕ900




```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
Units  :  KN, m, C

Frame :  355      X Mid:  14.4      Combo:  ECC_INCENDIO    Design Type:  Column
Length:  8.8      Y Mid:  21.6      Shape:  Ø900            Frame Type:  Non Dissipative
Loc   :  0.       Z Mid:  4.4       Class:  Class 1         Rolled : No

Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? Yes

GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

Aeff=0.108        eNy=0.            eNz=0.
A=0.108           Iyy=0.01          iyy=0.304         Wel,yy=0.022        Weff,yy=0.022
It=0.02           Izz=0.01          izz=0.304         Wel,zz=0.022        Weff,zz=0.022
Iw=0.             Iyz=0.            h=0.9             Wpl,yy=0.03         Av,y=0.069
E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.03         Av,z=0.069


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.            -2958.368     2595.95    3944.269     343.157      521.39      -0.818

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation EC3 6.2.1(7))
    D/C Ratio:    0.553 = 0.081 + sqrt[(0.259)^2 + (0.394)^2  ] <           1.          OK
                      = (NEd/NRd) + sqrt[(My,Ed/My,Rd)^2 + (Mz,Ed/Mz,Rd)^2]       (EC3 6.2.1(7))

AXIAL FORCE DESIGN
                         Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                       Force    Capacity    Capacity
    Axial          -2958.368   36538.219   36538.219

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                  36538.219   39683.593 8728794.358   129798.06          1.
```

	Curve	Alpha	Ncr	LambdaBar	Phi	Chi	Nb,Rd
Major (y-y)	c	0.49	129798.06	0.544	0.732	0.818	29897.456
MajorB(y-y)	c	0.49	763434.069	0.224	0.531	0.988	36088.441
Minor (z-z)	c	0.49	129798.06	0.544	0.732	0.818	29897.456
MinorB(z-z)	c	0.49	763434.069	0.224	0.531	0.988	36088.441
Torsional TF	c	0.49	129798.06	0.544	0.732	0.818	29897.456

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	2595.95	2595.95	1297.975	1557.57
Minor (z-z)	3944.269	3944.269	1972.135	2366.562

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	10009.422	10009.422	10009.422	10009.422
Minor (z-z)	10009.422	10009.422	10009.422	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	d	0.76	0.1	0.467	1.	0.	1043563.134

Factors	kw	Psi	C2	C3		
	1.	1.75	0.	0.941		
	za	zs	zg	zz	zj	
	0.45	0.	0.45	0.	1.	

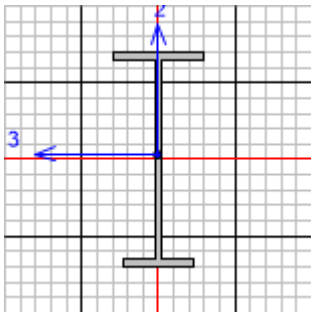
	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.601	0.361	0.361	0.601

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vpl.Rd Capacity	Reduction Factor	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	343.157	2.066	13429.711	1.	0.026	OK
Minor (y)	521.39	2.066	13429.711	1.	0.039	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	13429.711	1.	0.

15.6.2 Travi H 1200



Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK (Summary for Combo and Station)
Units : KN, m, C

Frame :	221	X Mid:	14.4	Combo:	ECC_INCENDIO	Design Type:	Beam
Length:	2.4	Y Mid:	20.4	Shape:	H1200	Frame Type:	Non Dissipative
Loc :	0.	Z Mid:	8.8	Class:	Class 1	Rolled :	No

```
Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes               P-Delta Done? No
Consider Torsion? No

GammaM0=1.05       GammaM1=1.05       GammaM2=1.25
An/Ag=1.           RLLF=1.            PLLF=0.75          D/C Lim=1.

Aeff=0.07          eNy=0.             eNz=0.
A=0.07             Iyy=0.016          iyy=0.473          Wel,yy=0.025        Weff,yy=0.025
It=2.803E-05       Izz=6.325E-04      izz=0.095          Wel,zz=0.003        Weff,zz=0.003
Iw=1.899E-04       Iyz=0.             h=1.2              Wpl,yy=0.03         Av,y=0.036
E=210000000.       fy=355000.         fu=510000.         Wpl,zz=0.004        Av,z=0.034


STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location              Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.               -558.415    -3409.03     -23.107   -1130.198     -19.675       0.258

PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:     0.364 = 0.025 + 0.33 + 0.009   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

AXIAL FORCE DESIGN
                          Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                        Force    Capacity    Capacity
    Axial            -558.415   23531.429   23531.429

                       Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                    23531.429    25557.12  275504.829  189238.301          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34 5595413.203       0.066        0.48          1.   23531.429
    MajorB(y-y)     b    0.34 5595413.203       0.066        0.48          1.   23531.429
    Minor (z-z)     c    0.49  227599.246       0.329       0.586       0.934   21979.536
    MinorB(z-z)     c    0.49  227599.246       0.329       0.586       0.934   21979.536
    Torsional TF    c    0.49  189238.301       0.361       0.605       0.918   21592.105

MOMENT DESIGN
                          Med    Med,span       Mm,Ed      Meq,Ed
                       Moment      Moment      Moment      Moment
    Major (y-y)     -3409.03    -3409.03   -2374.668   -2581.541
    Minor (z-z)      -23.107     -23.107     -10.276     -12.842

                       Mc,Rd       Mv,Rd       Mn,Rd       Mb,Rd
                    Capacity    Capacity    Capacity    Capacity
    Major (y-y)    10195.149   10195.149   10195.149    9605.073
    Minor (z-z)      1471.39     1471.39     1471.39

                Curve AlphaLT LambdaBarLT       PhiLT       ChiLT          Iw         Mcr
    LTB             d    0.76       0.275       0.566       0.942   1.899E-04  141478.679

    Factors       kw      Psi          C2          C3
                   1.   1.384          0.       0.783
                   za      zs          zg          zz          zj
                0.567   0.154       0.413      -0.022      -0.154

                          kyy         kyz         kzy         kzz
    Factors             0.755       0.334       0.929       0.557
```

```
SHEAR DESIGN
                        Ved         Ted       Vc,Rd      Stress      Status
                      Force     Torsion    Capacity       Ratio       Check
    Major (z)       1130.198       0.662    6558.696       0.172          OK
    Minor (y)         19.675       0.662    7027.174       0.003          OK

                     Vpl,Rd         Eta  LambdabarW
    Reduction       6558.696          1.       0.457

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS
                     VMajor      VMajor
                       Left       Right
    Major (V2)      1763.236    1634.258
```

15.6.3 Travi H var 1200-930

```
Italian NTC 2018 STEEL SECTION CHECK    (Summary for Combo and Station)
 Units  :  KN, m, C

 Frame :  442      X Mid:  4.8       Combo:  ECC_INCENDIO    Design Type:  Beam
 Length:  2.3      Y Mid:  22.75     Shape:  VAR 1200-930    Frame Type:  Non Dissipative
 Loc   :  0.       Z Mid:  8.8       Class:  Class 1         Rolled : No

 Interaction=Method B                MultiResponse=Envelopes              P-Delta Done? No
 Consider Torsion? No

 GammaM0=1.05      GammaM1=1.05      GammaM2=1.25
 An/Ag=1.          RLLF=1.           PLLF=0.75         D/C Lim=1.

 Aeff=0.062        eNy=0.            eNz=0.
 A=0.062           Iyy=0.009         iyy=0.374         Wel,yy=0.017        Weff,yy=0.017
 It=2.560E-05      Izz=6.319E-04     izz=0.101         Wel,zz=0.003        Weff,zz=0.003
 Iw=1.118E-04      Iyz=0.            h=0.93            Wpl,yy=0.021        Av,y=0.036
 E=210000000.      fy=355000.        fu=510000.        Wpl,zz=0.004        Av,z=0.026


 STRESS CHECK FORCES & MOMENTS
    Location            Ned      Med,yy      Med,zz       Ved,z       Ved,y         Ted
    0.               -43.884   -1646.794      13.245     526.559      -7.363      -0.911

 PMM DEMAND/CAPACITY RATIO   (Governing Equation NTC Eq C4.2.38)
    D/C Ratio:      0.4 = 0.002 + 0.39 + 0.007   <           1.          OK
                       = NEd/(Chi_z NRk/GammaM1) + kzy (My,Ed+NEd eNy)/(Chi_LT My,Rk/GammaM1)
                           + kzz (Mz,Ed+NEd eNz)/(Mz,Rk/GammaM1)       (NTC Eq C4.2.38)

 AXIAL FORCE DESIGN
                        Ned       Nc,Rd       Nt,Rd
                      Force    Capacity    Capacity
    Axial            -43.884   20792.857   20792.857

                     Npl,Rd       Nu,Rd       Ncr,T      Ncr,TF       An/Ag
                  20792.857     22582.8  280378.902  203883.846          1.

                Curve   Alpha         Ncr   LambdaBar         Phi         Chi       Nb,Rd
    Major (y-y)     b    0.34  344536.333       0.252        0.54       0.982   20410.074
    MajorB(y-y)     b    0.34  344536.333       0.252        0.54       0.982   20410.074
    Minor (z-z)     c    0.49  247582.711       0.297       0.568       0.951   19767.787
```

MinorB(z-z)	c	0.49	247582.711	0.297	0.568	0.951	19767.787
Torsional TF	c	0.49	203883.846	0.327	0.585	0.935	19445.593

MOMENT DESIGN

	Med Moment	Med,span Moment	Mm,Ed Moment	Meq,Ed Moment
Major (y-y)	-1646.794	-2945.283	-2279.465	-2945.283
Minor (z-z)	13.245	13.245	10.082	10.715

	Mc,Rd Capacity	Mv,Rd Capacity	Mn,Rd Capacity	Mb,Rd Capacity
Major (y-y)	7203.26	7203.26	7203.26	6765.747
Minor (z-z)	1450.851	1450.851	1450.851	

	Curve	AlphaLT	LambdaBarLT	PhiLT	ChiLT	Iw	Mcr
LTB	c	0.49	0.319	0.58	0.939	1.118E-04	74171.276

Factors	kw	Psi	C2	C3
	1.	1.132	0.459	0.525
	za	zs	zg	zz	zj
	0.436	0.115	0.321	0.	-0.134

	kyy	kyz	kzy	kzz
Factors	0.817	0.485	0.897	0.809

SHEAR DESIGN

	Ved Force	Ted Torsion	Vc,Rd Capacity	Stress Ratio	Status Check
Major (z)	526.559	0.521	4977.582	0.106	OK
Minor (y)	9.656	0.521	7027.174	0.001	OK

	Vpl,Rd	Eta	LambdabarW
Reduction	4977.582	1.	0.356

CONNECTION SHEAR FORCES FOR BEAMS

	VMajor Left	VMajor Right
Major (V2)	984.4	1106.936

16 SUDDIVISIONE IN CONCI DELLA STRUTTURA

Con lo scopo di suddividere la struttura in conci di dimensioni inferiori ai limiti di sagoma trasportabile (15m x 3.60m x 2.5m), di ottenere numero limitato di unioni bullonate e di realizzare tali unioni in corrispondenza di sezioni con sollecitazioni ridotte, si scompone la struttura inferiore della Piastra di scavalco nel seguente modo.

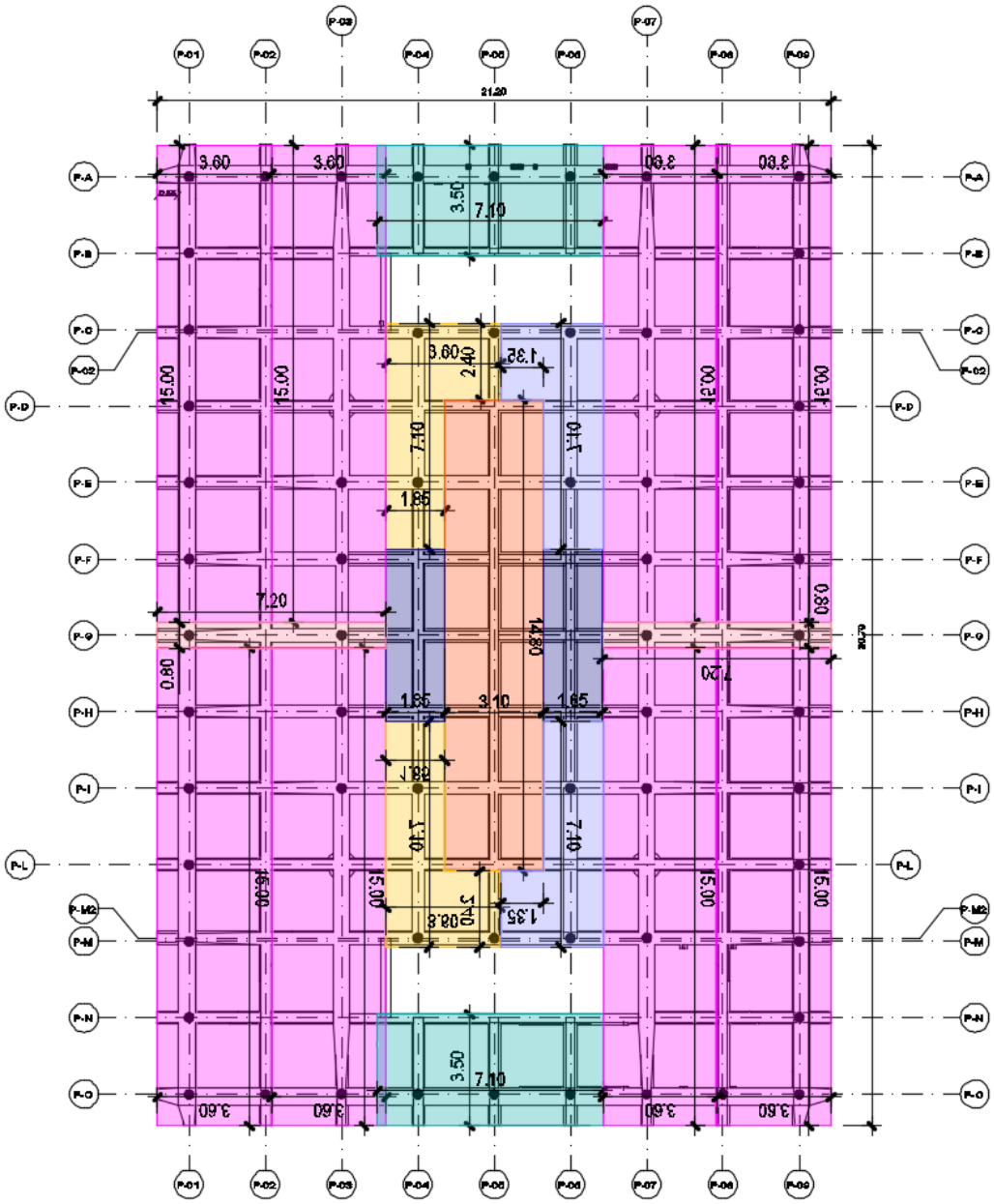


Figura 87: Schema suddivisione in conci grigliato inferiore della Piastra di scavalco

17 DISPOSITIVI DI APPOGGIO E RITEGNI SISMICI

Il nodo di collegamento tra le colonne ϕ900 e la sovrastruttura della Piastra di scavalco sono realizzati mediante appoggi a calotta sferica corrispondenti al vincolo di cerniera.

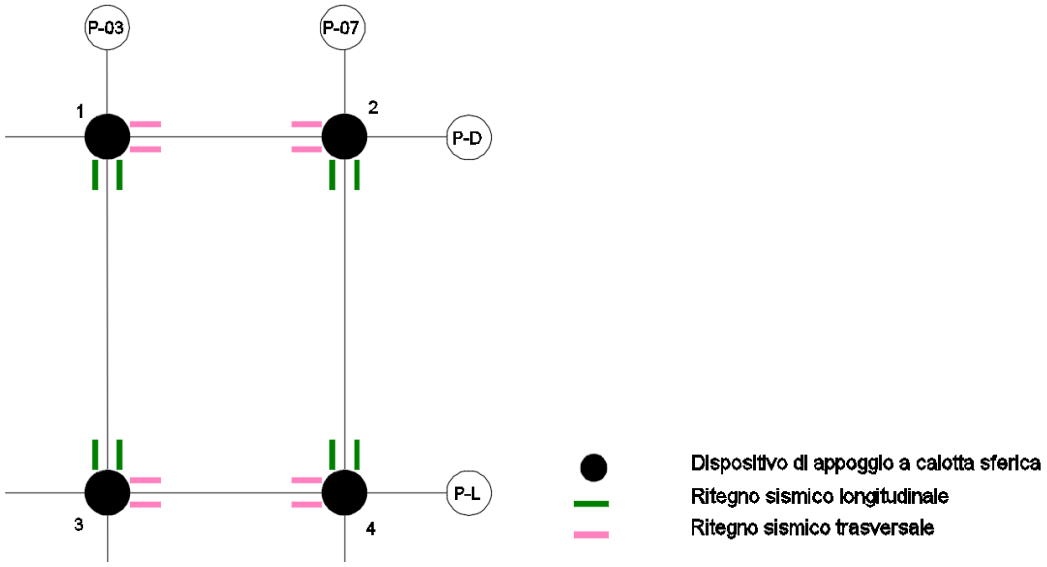


Figura 88: Schema appoggi e ritegni sismici

Si elencano a seguire, per ogni carico elementare, gli scarichi su ciascun dispositivo di appoggio.

	Appoggio 1				Appoggio 2			
	N vert max	N vert min	V x	V y	N vert max	N vert min	V x	V y
carico elementare	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
G1 (DEAD)	589	589	2	5	583	583	2	5
G2 (*)	1889	1510	6	13	1969	1590	6	14
Q1k_H	79	79	1	1	79	79	1	1
Q1k_C2	525	252	2	9	560	252	2	10
Qk2_pressione (**)	5	-11	0	0	11	5	0	0
Q1k_pressione	0	0	0	1	0	0	0	1
Q3k_vento X	173	-173	48	3	219	-219	45	3
Q3k_vento Y	207	-207	1	29	207	-207	1	29
Q4k_neve	82	0	0	1	82	0	0	1
deragliamento x	8	0	209	30	-8	0	151	30
deragliamento y	-4	0	11	88	4	0	11	20
Ex (SLV)	-376	376	915	3	-378	378	914	4
Ey (SLV)	-294	294	34	942	-315	315	33	919
Ez (SLV)	-240	240	1	2	-239	239	1	2

	Appoggio 3				Appoggio 4			
	N vert max	N vert min	V x	V y	N vert max	N vert min	V x	V y
carico elementare	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
G1 (DEAD)	589	589	2	5	589	589	2	5
G2 (*)	1889	1510	6	13	1959	1580	6	14
Q1k_H	79	79	1	1	79	79	1	1
Q1k_C2	525	-70	2	9	557	-75	2	10
Qk2_pressione (**)	5	-11	0	0	11	5	0	0
Q1k_pressione	0	0	0	1	0	0	0	1
Q3k_vento X	173	-173	48	3	219	-219	45	3
Q3k_vento Y	186	-186	1	35	185	-185	1	34
Q4k_neve	82	0	0	1	82	0	0	1
deragliamento x	-8	0	29	30	8	0	29	30
deragliamento y	4	0	11	47	-4	0	11	20
Ex (SLV)	-380	380	919	4	-382	382	919	5
Ey (SLV)	-294	294	33	942	-316	316	32	919
Ez (SLV)	-240	240	1	2	-242	242	1	2

** Per il carico G2 sono stati considerati i due possibili casi di presenza o assenza del terreno all'interno delle vasche (vedi §6.1).*

*** per il carico Qk2_pressione sono stati considerati due possibili casi, come descreitto al §6.3.1.*

Dove:

N = reazione vincolare verticale, verso il basso se positiva, di sollevamento se negativa;

Vx = reazione vincolare orizzontale in direzione x, cioè parallela all'asse ferroviario;

Vy = reazione vincolare orizzontale in direzione y, cioè perpendicolare all'asse ferroviario;

Secondo le differenti combinazioni di carico analizzate, gli scarichi complessivi che gravano su tali dispositivi sono elencati nella tabella che segue:

		N (kN)	V (kN)	
SLE	N min	3641	42	Appoggio 2-SLE6Min
	N max	2140	115	Appoggio 3-SLE6Max
	V max	2412	149	Appoggio 4-SLE7Max
SLU	N min	4938	59	Appoggio 2-SLU6Min
	N max	2789	168	Appoggio 3-SLU6Max
	V max	3041	199	Appoggio 4-SLU10Max
SLV	N min	3881	1019	Appoggio 2-SLV1Min

	N max	1485	1048	Appoggio 3-SLV1Max
	V max	3526	1053	Appoggio 1-SLV2Min
URTO	N min	2892	5	Appoggio 2-ECC2Min
	N max	2048	66	Appoggio 3-ECC1Max
	V max	2800	202	Appoggio 1-ECC1Min

Dove:

N = reazione vincolare verticale, verso il basso se positiva, di sollevamento se negativa;

V = reazione vincolare massima orizzontale, data dalla combinazione di Vx e Vy.

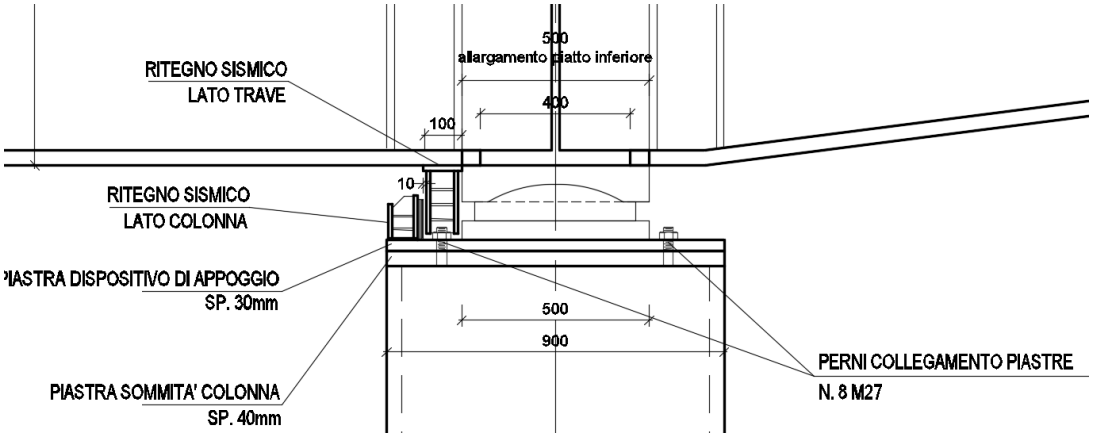


Figura 89: Sezione trasversale – appoggi e ritegni

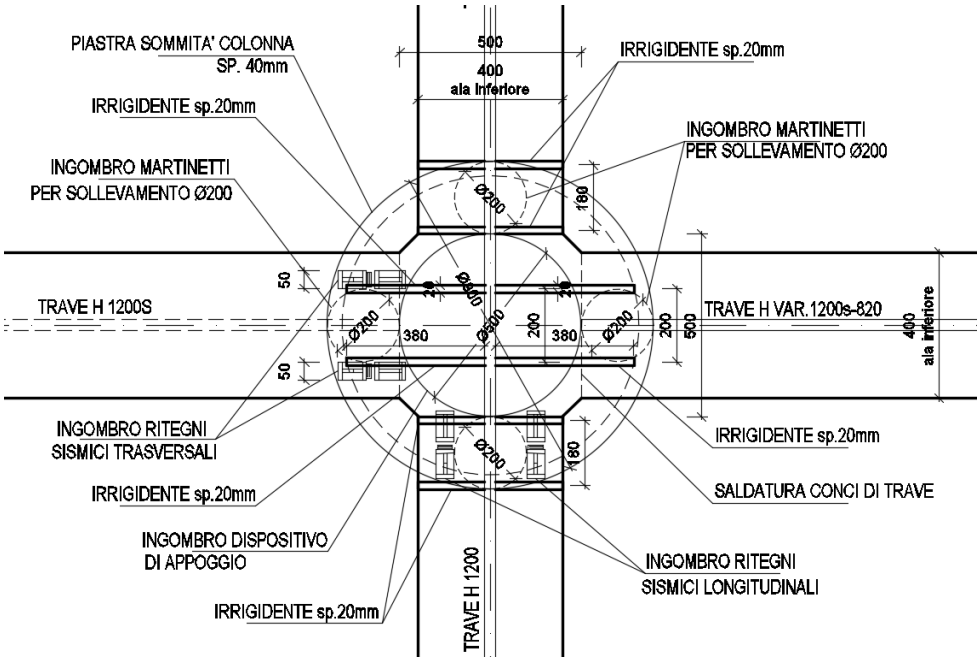


Figura 90: Pianta – appoggi e ritegni

Su ciascun ritegno agisce una forza orizzontale pari a:

F ritegno = V ed_max / 2 = 1048 kN / 2 = 524 kN

Si eseguono le verifiche dei piatti che compongono il ritegno sismico di dimensioni minori, ovvero quello lato colonna.

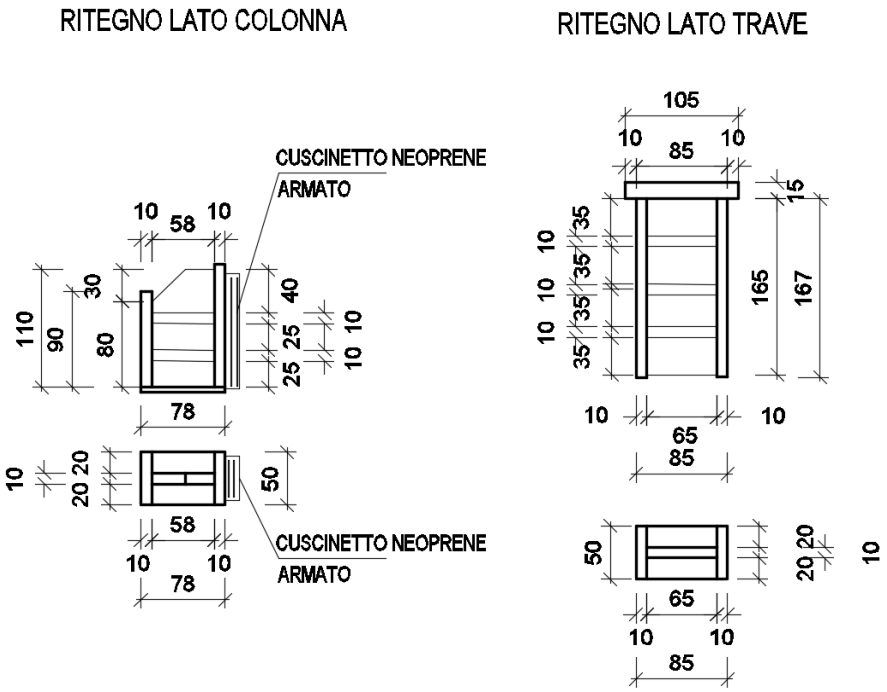


Figura 91: Ritegni sismici - dettagli

Verifica a compressione piatto di battuta

A piatto battuta min	5500	mm2
sigma s	95.3	Mpa
sigma limite compressione	338.10	Mpa
FS	3.55	-

Verifica a taglio piatti in direzione della forza

Av piatto verticale	1000	mm2
Av irrigidenti	2320	mm2
Av	3320	mm2
sigma taglio	157.9	Mpa
sigma limite taglio	195.20	Mpa
FS	1.24	-

18 VALUTAZIONE DELLE IMPERFEZIONI GEOMETRICHE E STRUTTURALI

Si considera la possibilità che in fase di costruzione dell'opera si abbia una eccentricità nel posisizonamento della sovrastruttura rispetto alle colonne portanti (ϕ900). Si ipotizza tale eccentricità pari a 5 cm, da cui si ha un momento pari a $M_{imperfezioni}$ = N * e. Tale momento si deve aggiungere al momento massimo che sollecita la colonna alla base (M_{max}).

N max (kN)	ecc (m)	M imperfezioni (kNm) = N max * e	M max - SLV (kNm)	M tot (kNm) = M imp + M max	Incremento (%)
5900	0.05	295	7600	7895	4%

M Rd (kNm)
10000

L'incremento di momento flettente ottenuto garantisce ugualmente il soddisfacimento della verifica strutturale della colonna.

19 SOLLEVAMENTO DELLA STRUTTURA PER MANUTENZIONE

Si analizza la condizione di sollevamento della sovrastruttura per manutenzione o sostituzione dei dispositivi di appoggio. Il sollevamento della struttura sarà effettuato mediante due martinetti in corrispondenza di ciascun appoggio.

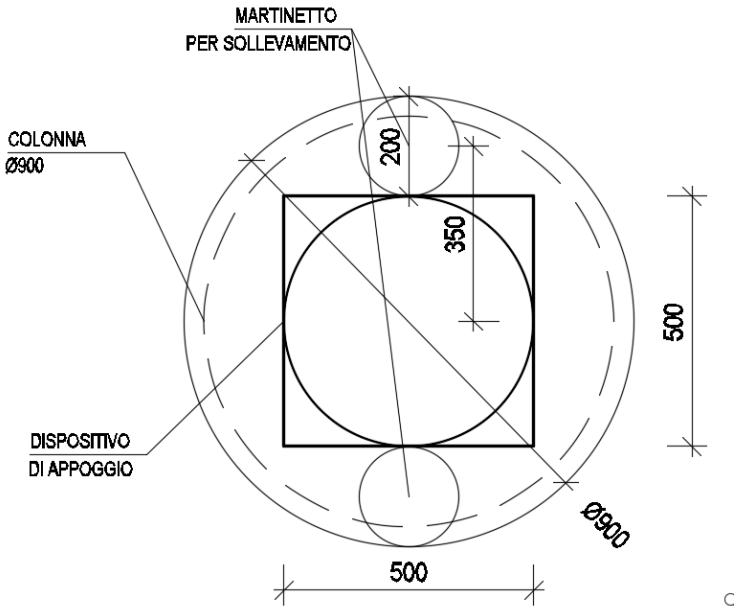


Figura 92: Posizione martinetti ai lati della colonna - Sollevamento

Tale situazione è schematizzata in due appositi modelli di calcolo:

- il primo prevede il sollevamento globale della struttura in corrispondenza dei 4 punti di appoggio:
- il secondo prevede il sollevamento della struttura in corrispondenza di un solo punto di appoggio.

Durante il sollevamento si ipotizza la presenza dei pesi permanenti strutturali e portati e del carico accidentale di manutenzione, ma non della folla.

Nelle analisi e verifiche che seguono si è adottata la seguente combinazione di carico:

$$G1 + G2 + Qk1_H + 0.6*\Delta T$$

19.1 PRIMO CASO – SOLLEVAMENTO IN QUATTRO PUNTI

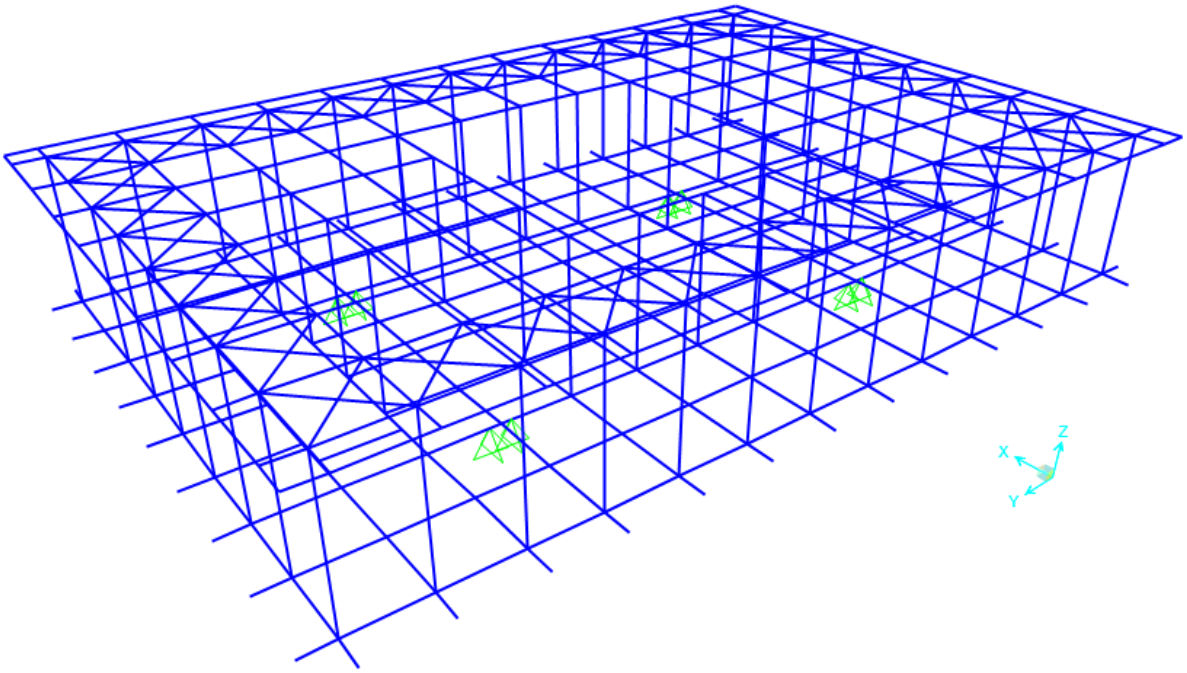


Figura 93: Modello di calcolo E.F. sovrastruttura durante il sollevamento in quattro punti

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle sollecitazioni del grigliato inferiore della Piastra.

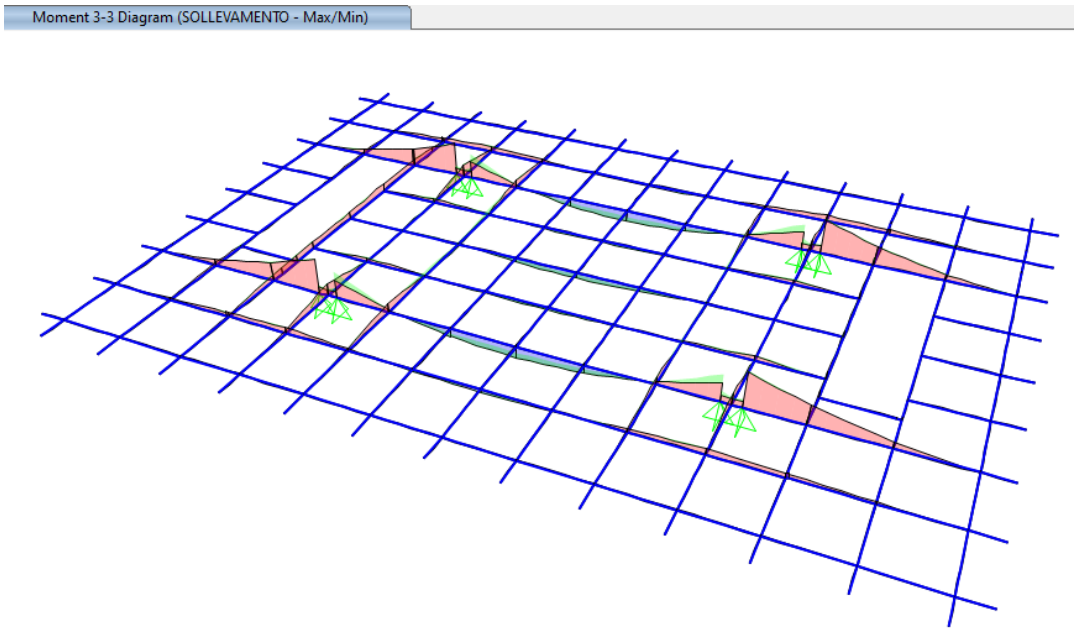


Figura 94: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento - Momento feltente M33

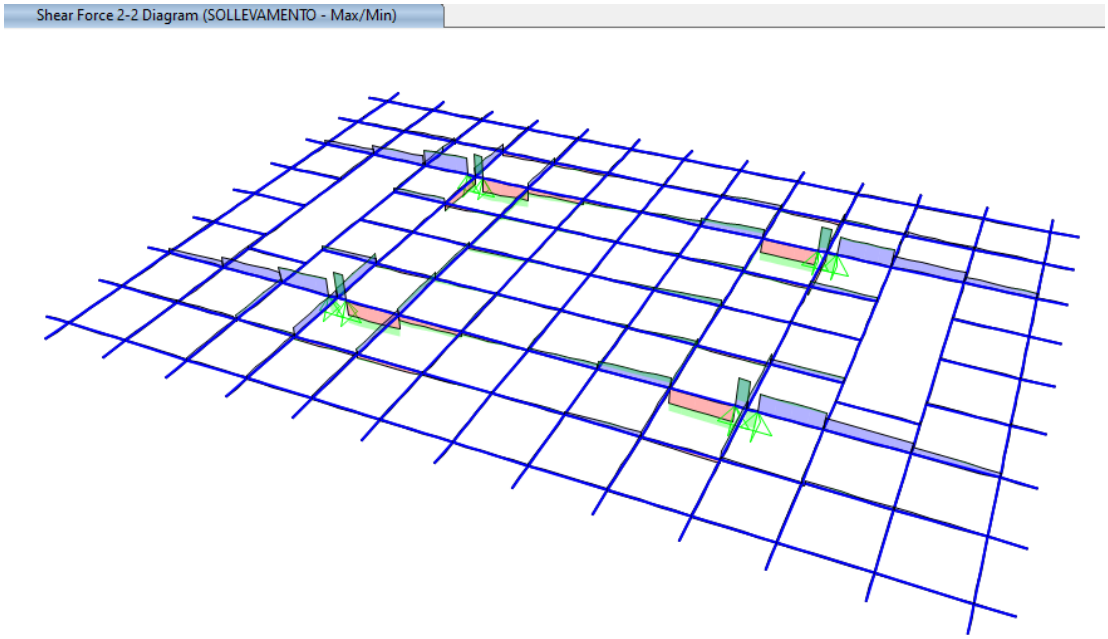


Figura 95: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Taglio V22

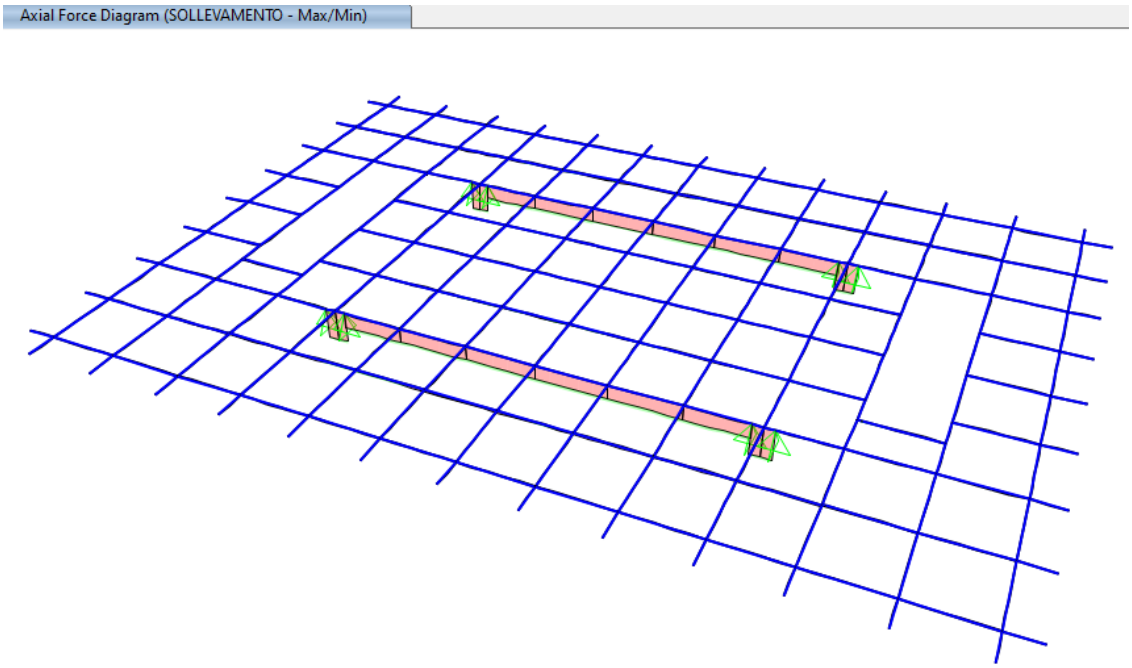


Figura 96: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Sforzo assiale N

Nella tabella che segue si riportano le massime sollecitazioni nella condizione di sollevamento.

Frame	Station	OutputCase		P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
227	2.4	SOLLEVAMENTO	Min	-2277	-970	-7	2	8	-257
235	0	SOLLEVAMENTO	Max	-3995	1124	38	17	16	-513
235	2.4	SOLLEVAMENTO	Max	-1913	-625	7	-2	-8	-239
442	0	SOLLEVAMENTO	Min	86	632	-5	-4	-6	-1696
446	2.3	SOLLEVAMENTO	Min	-4377	-785	37	15	-19	-640
448	0	SOLLEVAMENTO	Max	123	694	5	4	6	-1655

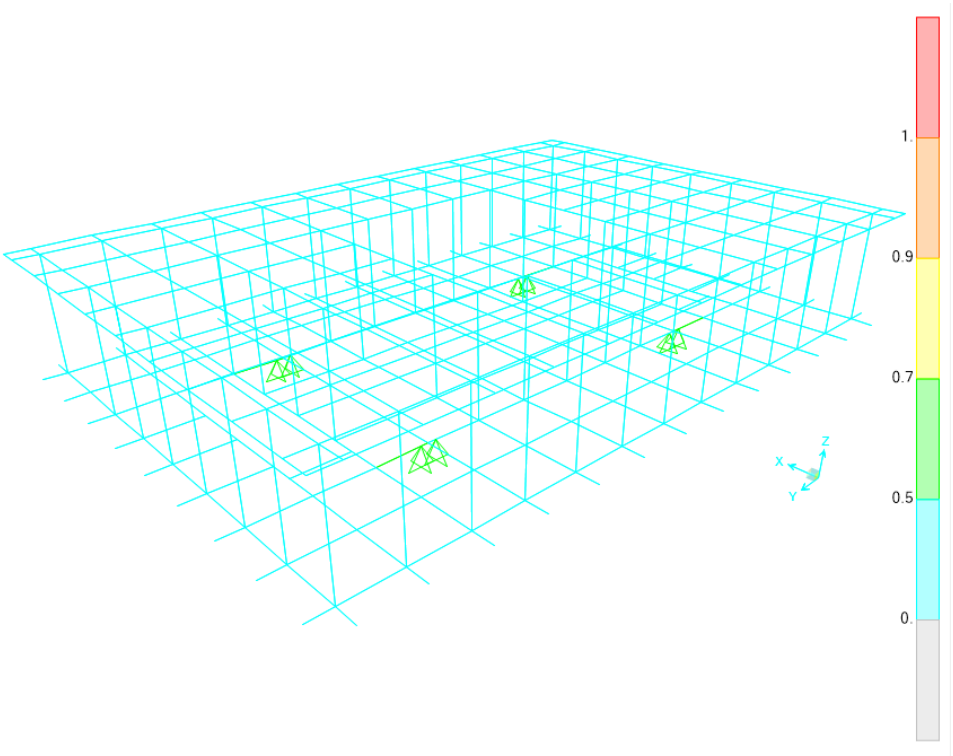


Figura 97: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Verifiche strutturali secondo NTC18

Come si evince dalle tabelle e dall'immagine sopra riportate, le sollecitazioni massime durante il sollevamento sono inferiori a quelle massime SLU/SLV/URTO (§12 della presente relazione), pertanto le verifiche sono soddisfatte.

19.2 SECONDO CASO – SOLLEVAMENTO IN UN SOLO PUNTO

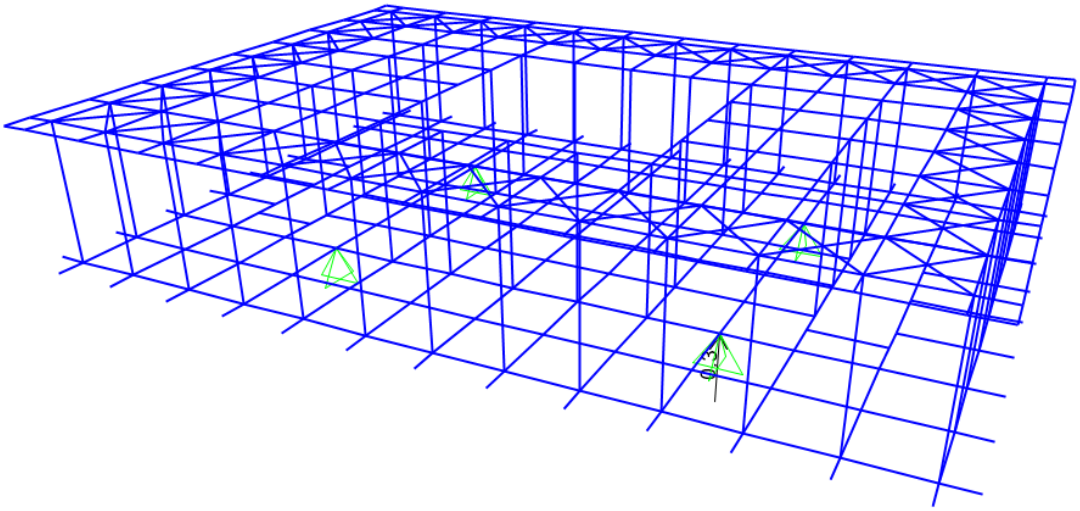


Figura 98: Modello di calcolo E.F. sovrastruttura durante il sollevamento in un punto

Di seguito si riportano alcune immagini rappresentative delle sollecitazioni del grigliato inferiore della Piastra.

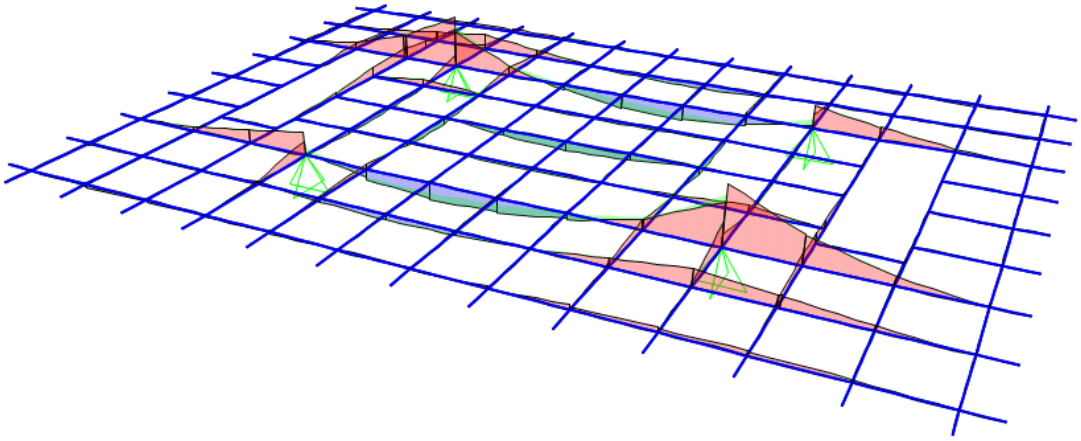


Figura 99: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento - Momento felttente M33

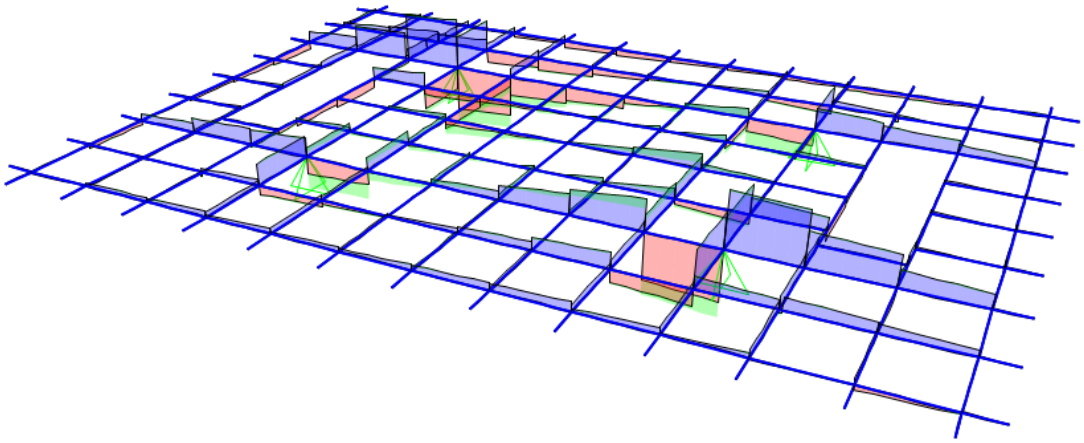


Figura 100: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Taglio V22

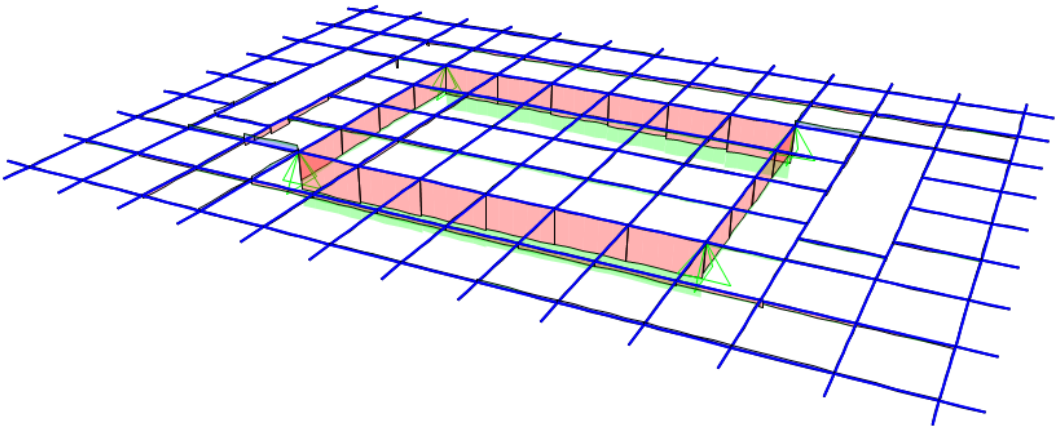


Figura 101: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Sforzo assiale N

Nella tabella che segue si riportano le massime sollecitazioni nella condizione di sollevamento.

Frame	Station	OutputCase		P	V2	V3	T	M2	M3
Text	m	Text		KN	KN	KN	KN-m	KN-m	KN-m
221	0	SOLLEVAMENTO	Min	-2331	-1257	82	-5	86	-3740
227	2.4	SOLLEVAMENTO	Max	-1747	-279	190	-4	-198	728
233	0	SOLLEVAMENTO	Min	-2621	-631	191	-4	244	-717
371	2.3	SOLLEVAMENTO	Max	-73	1087	115	-2	-96	-4548
371	2.3	SOLLEVAMENTO	Min	-130	1065	107	-3	-99	-4554
442	0	SOLLEVAMENTO	Max	314	315	-40	-5	-5	-1082

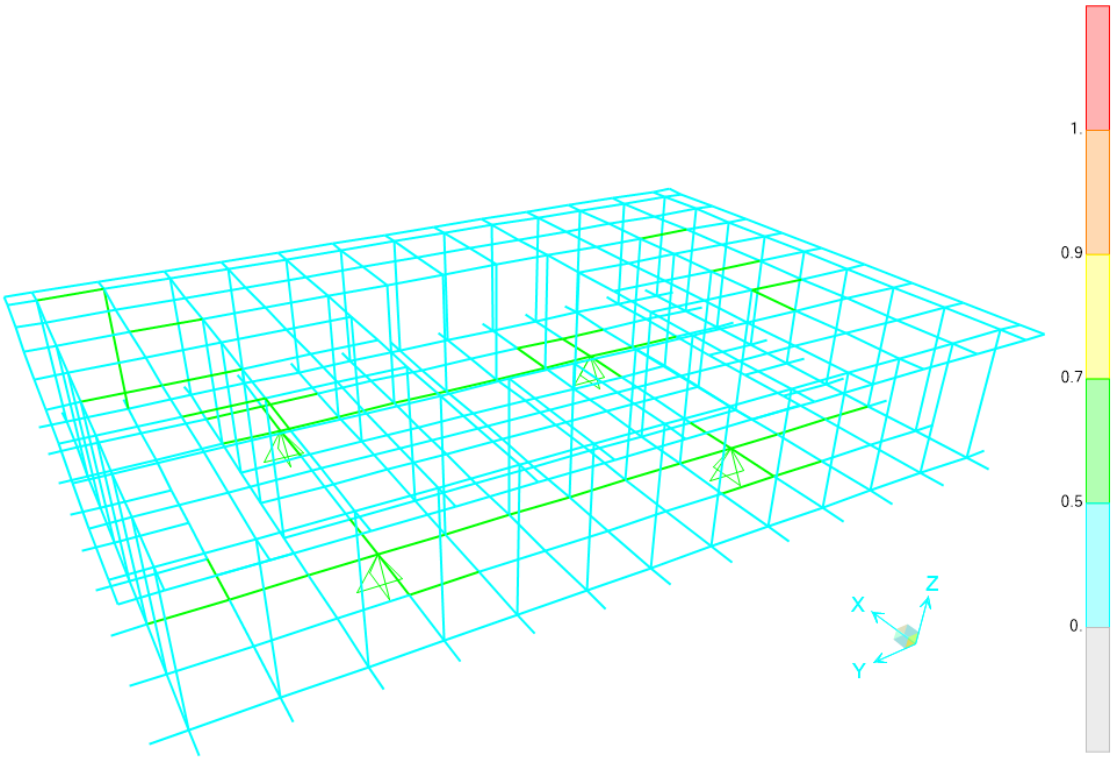


Figura 102: Modello di calcolo E.F. grigliato inferiore sovrastruttura durante il sollevamento – Verifiche strutturali secondo NTC18

20 UNIONI TRA CONCI DI TRAVE GRIGLIATO INFERIORE

20.1 UNIONE FLANGIATA TRA DUE CONCI DI TRAVE H1200

L'unione tra due conci di trave successivi viene realizzata mediante unione bullonata flangiata. Si verifica l'unione più sollecitata tra quelle definite in funzione della suddivisione in conci della struttura della Piastra.

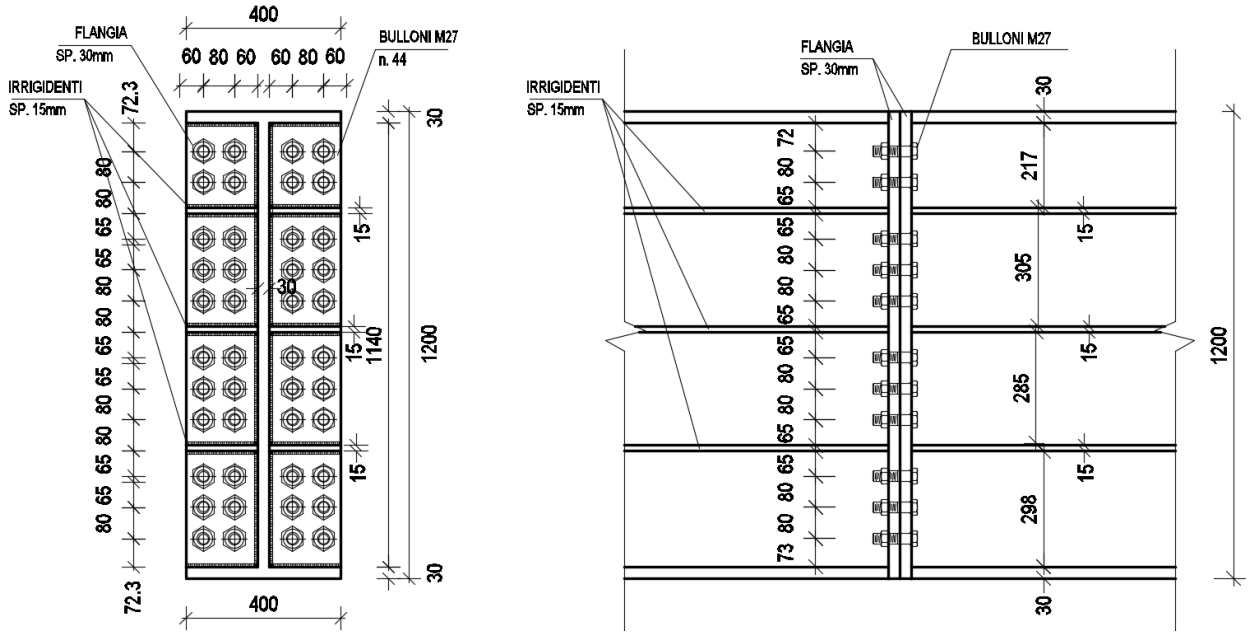


Figura 103: Unione flangiata travi – H max

Le sollecitazioni massime agenti nel nodo di collegamento flangiato tra due conci di trave sono le seguenti:

V vert = 1153 kN

V orizz = 75 kN

M vert = -1720 kNm

M orizz = 25 kNm

CLASSE BULLONI

CL. Bullone	8.8	-
bullone M	27	-
nr. Bulloni	44	-
nr. facce	1	-
fyb	640	Mpa
ftb	800	Mpa

Ares	459	mm2	
γM2	1.25	-	
γM3,SLU	1.25	-	
γM3,SLE	1.1	-	
γM7	1.1	-	

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

Per singolo piano di taglio

Fv,Rd	**176**	**KN**	

Complessivo dell'unione bullonata

Fv,Rd, tot	**7755**	**KN**	
Ved combinato	1155	kN	
FS	6.7	-	ok

RIFOLLAMENTO

sp. min piastra	30	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	27	mm	
d0	28.5	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**330.5**	**KN**	
F ed, 1 bullone	26.3	kN	
FS	12.6	-	ok

PUNZONAMENTO

tp	30	mm	
dm	41	mm	
Bp,Rd	**945.9**	**kN**	
Ned, max 1 bullone	195	kN	
FS	4.9	-	ok

Dove la forza NEd tiene conto della forza assiale derivante dai due momenti flettenti.

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

ftbk	800	MPa	
Fv,Ed	26	kN	
Fv,Rd	176	kN	
Ft,Ed	195	kN	
Ft,Rd	264	kN	
Verifica	0.68	-	
	< 1		ok

20.2 UNIONE FLANGIATA TRA DUE CONCI DI TRAVE PERPENDICOLARI

L'unione tra due conci di trave che si intersecano perpendicolarmente in corrispondenza dell'anima di una delle due travi viene realizzata mediante unione bullonata flangiata, come mostrato in figura.

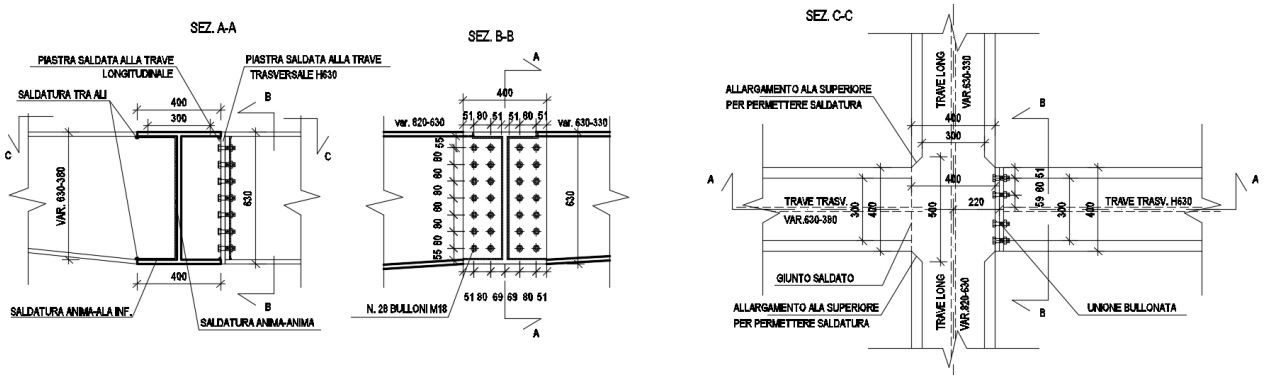


Figura 104: Unione flangiata travi perpendicolari

Si verifica, a titolo di esempio, l'unione bullonata schematizzata e sottoposta alle seguenti sollecitazioni massime:

V vert = 178 kN

V orizz = 87 kN

M vert = 196 kNm

M orizz = 63 kNm

CLASSE BULLONI

CL. Bullone	8.8	-
bullone M	18	-
nr. Bulloni	28	-
nr. facce	1	-
fyb	640	Mpa
ftb	800	Mpa
Ares	192	mm2
γM2	1.25	-
γM3,SLU	1.25	-
γM3,SLE	1.1	-
γM7	1.1	-

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

Per singolo piano di taglio

Fv,Rd	**74**	**KN**

Complessivo dell'unione bullonata

Fv,Rd, tot	**2064**	**KN**

Ved combinato	181	kN	
FS	11.4	-	ok

RIFOLLAMENTO

sp. min piastra	20	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	18	mm	
d0	19	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**146.9**	**KN**	
F ed, 1 bullone	6.5	kN	
FS	22.7	-	ok

PUNZONAMENTO

tp	20	mm	
dm	27	mm	
Bp,Rd	**415.3**	**kN**	
Ned, max 1 bullone	95	kN	
FS	4.4	-	ok

Dove la forza NEd tiene conto della forza assiale derivante dai due momenti flettenti.

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

ftbk	800	MPa	
Fv,Ed	6	kN	
Fv,Rd	74	kN	
Ft,Ed	95	kN	
Ft,Rd	111	kN	
Verifica	0.70	-	
	< 1		ok

21 UNIONI TRA CONCI DI TRAVE GRIGLIATO DI COPERTURA

21.1 UNIONE FLANGIATA TRA TRAVI HEB180

L'unione testa-testa tra due conci di trave HEB180 viene realizzata mediante unione bullonata flangiata, come mostrato in figura.

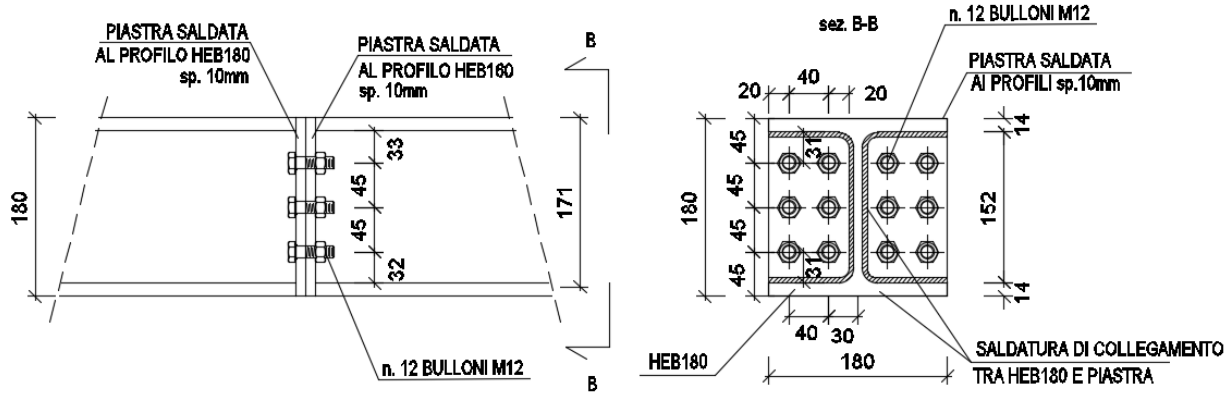


Figura 105: Unione flangiata travi perpendicolari HEB 180-HEB160

Si verifica, a titolo di esempio, l'unione bullonata schematizzata e sottoposta alle seguenti sollecitazioni massime:

N trazione = -120 kN

V vert = 11 kN

V orizz = 3 kN

M vert = 6 kNm

M orizz = 0 kNm

CLASSE BULLONI

CL. Bullone	8.8	-
bullone M	12	-
nr. Bulloni	12	-
nr. facce	1	-
fyb	640	Mpa
ftb	800	Mpa
Ares	84.3	mm2
γM2	1.25	-
γM3,SLU	1.25	-

γM3,SLE	1.1	-	
γM7	1.1	-	

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

Per singolo piano di taglio

Fv,Rd	**32**	**KN**	

Complessivo dell'unione bullonata

Fv,Rd, tot	**388**	**KN**	
Ved combinato	11	kN	
FS	35.3	-	ok

RIFOLLAMENTO

sp. min piastra	10	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	12	mm	
d0	13	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**49.0**	**KN**	
F ed, 1 bullone	0.9	kN	
FS	53.4	-	ok

PUNZONAMENTO

tp	10	mm	
dm	19	mm	
Bp,Rd	**146.1**	**kN**	
Ned, max 1 bullone	27	kN	
FS	5.4	-	ok

Dove la forza NEd tiene conto della forza assiale derivante dai due momenti flettenti.

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

ftbk	800	MPa	
Fv,Ed	1	kN	
Fv,Rd	32	kN	
Ft,Ed	27	kN	
Ft,Rd	49	kN	
Verifica	0.43	-	
	<= 1		ok

21.2 UNIONE FLANGIATA TRA TRAVI HEB200

L'unione tra due conci di trave HEB200 e HEB200, che si intersecano perpendicolarmente, viene realizzata mediante unione bullonata flangiata, come mostrato in figura.

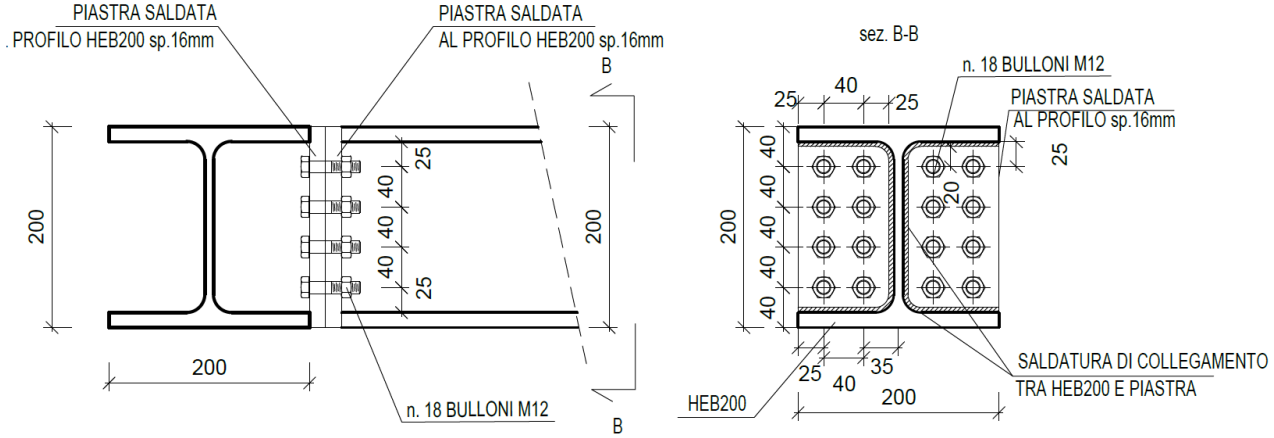


Figura 106: Unione flangiata travi perpendicolari HEB 200-HEB200

Si verifica, a titolo di esempio, l'unione bullonata schematizzata e sottoposta alle seguenti sollecitazioni massime:

N trazione = 0 kN

V vert = 72 kN

V orizz = 0 kN

M vert = 4 kNm

M orizz = 0 kNm

CLASSE BULLONI

CL. Bullone	8.8	-
bullone M	12	-
nr. Bulloni	16	-
nr. facce	1	-

fyb	640	Mpa
ftb	800	Mpa
Ares	84.3	mm2
γM2	1.25	-
γM3,SLU	1.25	-

γM3,SLE	1.1	-
γM7	1.1	-

RESISTENZA A TAGLIO (SLU)

Per singolo piano di taglio

Fv,Rd	**32**	**KN**

Complessivo dell'unione bullonata

Fv,Rd, tot	**518**	**KN**

Ved combinato	72	kN	
FS	7.2	-	ok

RIFOLLAMENTO

sp. min piastra	16	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	12	mm	
d0	13	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**78.3**	**KN**	
F ed, 1 bullone	4.5	kN	
FS	17.4	-	ok

PUNZONAMENTO

tp	16	mm	
dm	19	mm	
Bp,Rd	**233.8**	**kN**	
Ned, max 1 bullone	8	kN	
FS	29.2	-	ok

Dove la forza NEd tiene conto della forza assiale derivante dai due momenti flettenti.

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$$

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)

ftbk	800	MPa	
Fv,Ed	5	kN	
Fv,Rd	32	kN	
Ft,Ed	8	kN	
Ft,Rd	49	kN	
Verifica	0.26	-	
	<= 1		ok

22 UNIONE FLANGIATA DEI PILASTRINI

I pilastrini sono collegati alle travi del grligliato inferiore e a quelle del grigliato superiore mediante unioni fliangiate, come mostra la figura che segue.

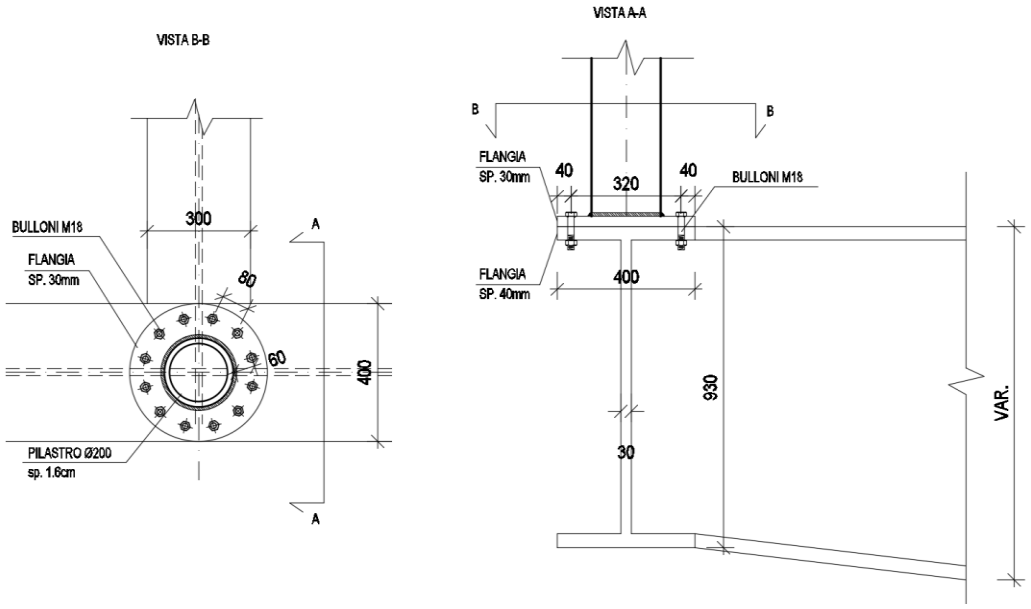


Figura 107: Unione flangiata pilastrini – collegamento con travi inferiori

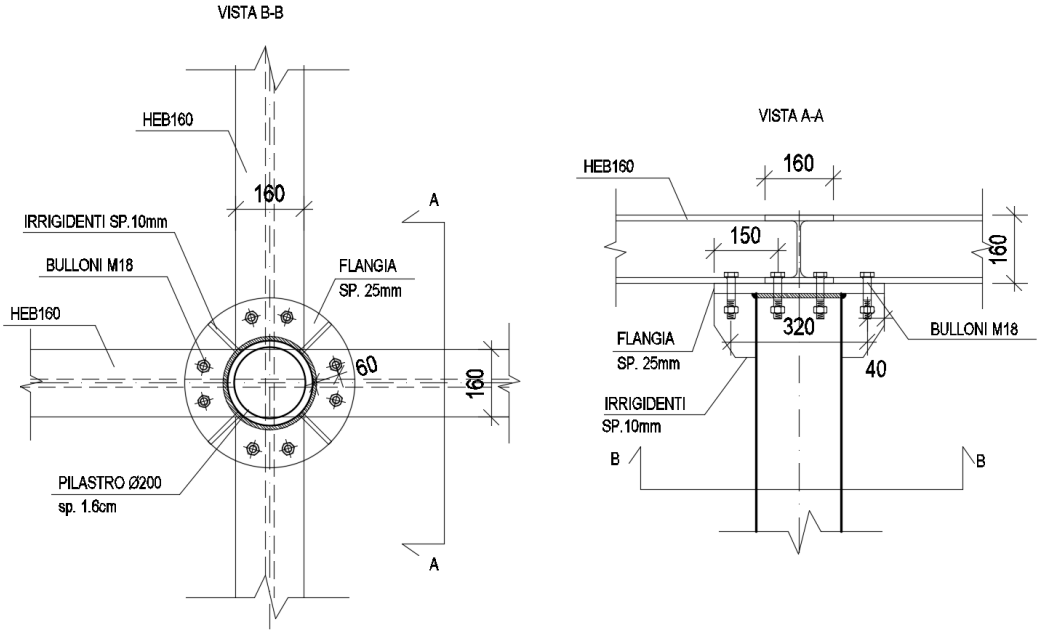


Figura 108: Unione flangiata pilastrini – collegamento con travi di copertura

Le sollecitazioni massime agenti nel nodo di collegamento flangiato tra due conci di trave sono le seguenti:

Nodo inferiore

V = 50 kN

M = 135 kN

Nodo superiore

V = 50 kN

M = 100 kN

22.1 VERIFICA DEI BULLONI E DEL PIATTO DI UNIONE INFERIORE

Materiali utilizzati			
Valore di snervamento dell'acciaio della colonna	$f_{yk,c}$	355	[N/mm^2]
Valore di rottura dell'acciaio della colonna	$f_{uk,c}$	510	[N/mm^2]
Valore di snervamento dell'acciaio dei bulloni	$f_{yk,t}$	640	[N/mm^2]
Valore di rottura dell'acciaio dei bulloni	$f_{uk,t}$	800	[N/mm^2]
Valore di snervamento dell'acciaio della piastra	$f_{yk,b}$	355	[N/mm^2]
Valore di rottura dell'acciaio della piastra	$f_{uk,b}$	510	[N/mm^2]
Coefficienti di sicurezza			
Coefficiente di sicurezza per le sezioni lorde	γ_{M0}	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per sezioni nette e per i bulloni	γ_{M2}	1.25	[-]
Caratteristiche geometriche			
Diametro esterno della colonna tubolare	$d_{c,ext}$	200.00	[mm]
Spessore della colonna tubolare	t_c	16.00	[mm]
Diametro interno della colonna tubolare	$d_{c,int}$	168	[mm^2]
Area della sezione trasversale	A_c	9249	[mm^2]
Momento d'inerzia della sezione trasversale	I_c	39437096	[mm^4]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,c}$	394371	[mm^3]
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,c}$	543061	[mm^3]
Classificazione della sezione	$d_{c,ext}/t_c$	12.5	[-]
	ε	0.81	[-]
	CL	**Classe 2**	**[-]**
Momento resistente della colonna	$\mathbf{M_{Rd,c}}$	**183.61**	**[kNm]**
25% del momento resistente	$25\%M_{Rd,c}$	45.90	[kNm]

Sollecitazioni di progetto			
Momento flettente di progetto	M_{Ed}	135.00	[kNm]
Tensione massima nei bulloni (da RC-SEC)	σ_t	450.00	[N/mm^2]
Tasso di lavoro della colonna per pura flessione	ρ_c	**0.74**	**[-]**
Verifica di resistenza dei bulloni			
Diametro dei bulloni	ϕ_t	18.00	[mm]
Area della sezione lorda del bullone	A_t	254	[mm^2]
Area della sezione netta del bullone	$A_{t,netta}$	198	[mm^2]
Resistenza della sezione lorda	$N_{pl,Rd}$	155.10	[kN]
Resistenza della sezione netta	$N_{u,Rd}$	114.33	[kN]
Resistenza minima del bullone	$\mathbf{N_{min,Rd}}$	**114.33**	**[kN]**
Sollecitazione nel bullone	$\mathbf{N_{t,Ed}}$	**89.32**	**[kN]**
Tasso di lavoro del bullone	ρ_t	**0.78**	**[-]**
Resistenza della piastra lato bulloni			
Distanza tra la colonna ed il bullone	s	60.00	[mm]
Spessore della piastra di base	t_b	30.00	[mm]
Larghezza efficace della piastra di base	b_{eff}	138	[mm]
Modulo di resistenza plastico della piastra	$W_{pl,b}$	31050	[mm^3]
Momento resistente della piastra di base	$\mathbf{M_{pl,Rd}}$	**10.50**	**[kNm]**
Momento sollecitante della piastra di base	$\mathbf{M_{b,Ed}}$	**6.86**	**[kNm]**
Tasso di lavoro della piastra di base	$\rho_{b,t}$	**0.65**	**[-]**

RIFOLLAMENTO			
sp. min piastra	30	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	18	mm	
d0	19	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**220.3**	**KN**	
F ed, 1 bullone	4.2	kN	
Tasso di lavoro della piastra ρr	0.02	-	ok
PUNZONAMENTO			
tp	30	mm	
dm	27	mm	

Bp,Rd	**622.9**	**kN**	
Ft,Ed	86.4	kN	
Tasso di lavoro della piastra ρp	0.14	-	ok

TRAZIONE			
sigma traz	450	Mpa	
Ft,Ed	86.4	kN	
Ft,Rd	**110.6**	**kN**	
ptraz	0.78	-	ok

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)			
ftbk	800	MPa	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$
Fv,Ed	4	kN	
Fv,Rd	74	kN	
Ft,Ed	86	kN	
Ft,Rd	111	kN	
Verifica	0.61	-	
	< 1		ok

22.2 VERIFICA DEI BULLONI E DEL PIATTO DI UNIONE SUPERIORE

VERIFICA DELLE PIASTRE DI BASE CIRCOLARI PER COLONNE TUBOLARI			
Materiali utilizzati			
Valore di snervamento dell'acciaio della colonna	$f_{yk,c}$	355	[N/mm²]
Valore di rottura dell'acciaio della colonna	$f_{uk,c}$	510	[N/mm²]
Valore di snervamento dell'acciaio dei bulloni	$f_{yk,t}$	640	[N/mm²]
Valore di rottura dell'acciaio dei bulloni	$f_{uk,t}$	800	[N/mm²]
Valore di snervamento dell'acciaio della piastra	$f_{yk,b}$	355	[N/mm²]
Valore di rottura dell'acciaio della piastra	$f_{uk,b}$	510	[N/mm²]
Coefficienti di sicurezza			
Coefficiente di sicurezza per le sezioni lorde	γ_{M0}	1.05	[-]
Coefficiente di sicurezza per sezioni nette e per i bulloni	γ_{M2}	1.25	[-]
Caratteristiche geometriche			
Diametro esterno della colonna tubolare	$d_{c,ext}$	200.00	[mm]

Spessore della colonna tubolare	t_c	16.00	[mm]
Diametro interno della colonna tubolare	$d_{c,int}$	168	[mm^2]
Area della sezione trasversale	A_c	9249	[mm^2]
Momento d'inerzia della sezione trasversale	I_c	39437096	[mm^4]
Modulo di resistenza elastico	$W_{el,c}$	394371	[mm^3]
Modulo di resistenza plastico	$W_{pl,c}$	543061	[mm^3]
Classificazione della sezione	$d_{c,ext}/t_c$	12.5	[-]
	ε	0.81	[-]
	CL	**Classe 2**	**[-]**
Momento resistente della colonna	$\mathbf{M_{Rd,c}}$	**183.61**	**[kNm]**
25% del momento resistente	$25\%M_{Rd,c}$	45.90	[kNm]

Sollecitazioni di progetto			
Forza assiale (positiva se di compressione)	$N_{Ed,c}$	0.00	[kN]
Forza assiale (negativa se di trazione)	$N_{Ed,t}$	0.00	[kN]
Momento flettente di progetto	M_{Ed}	100.00	[kNm]
Tensione massima nei bulloni (da RC-SEC)	σ_t	510.00	[N/mm^2]
Tasso di lavoro della colonna per pura flessione	ρ_c	**0.54**	**[-]**
Verifica di resistenza dei bulloni			
Diametro dei bulloni	ϕ_t	18.00	[mm]
Area della sezione lorda del bullone	A_t	254	[mm^2]
Area della sezione netta del bullone	$A_{t,netta}$	198	[mm^2]
Resistenza della sezione lorda	$N_{pl,Rd}$	155.10	[kN]
Resistenza della sezione netta	$N_{u,Rd}$	114.33	[kN]
Resistenza minima del bullone	$\mathbf{N_{min,Rd}}$	**114.33**	**[kN]**
Sollecitazione nel bullone	$\mathbf{N_{t,Ed}}$	**101.23**	**[kN]**
Tasso di lavoro del bullone	ρ_t	**0.89**	**[-]**
Resistenza della piastra lato bulloni			
Distanza tra la colonna ed il bullone	s	60.00	[mm]
Spessore della piastra di base	t_b	25.00	[mm]
Larghezza efficace della piastra di base	b_{eff}	138	[mm]
Modulo di resistenza plastico della piastra	$W_{pl,b}$	21563	[mm^3]
Momento resistente della piastra di base	$\mathbf{M_{pl,Rd}}$	**7.29**	**[kNm]**
Momento sollecitante della piastra di base	$\mathbf{M_{b,Ed}}$	**6.86**	**[kNm]**

Tasso di lavoro della piastra di base	$\rho_{b,t}$	**0.94**	**[-]**

RIFOLLAMENTO			
sp. min piastra	13	mm	
Acciaio S	355	Mpa	
ftk	510	Mpa	
d	18	mm	
d0	19	mm	
k	2.5	-	
alpha	0.4	-	
Fb,Rd	**95.5**	**KN**	
F ed, 1 bullone	12.5	kN	
Tasso di lavoro della piastra ρr	0.13	-	ok

PUNZONAMENTO			
tp	30	mm	
dm	27	mm	
Bp,Rd	**269.9**	**kN**	
Ft,Ed	97.9	kN	
Tasso di lavoro della piastra ρp	0.36	-	ok

TRAZIONE			
sigma traz	510	Mpa	
Ft,Ed	97.9	kN	
Ft,Rd	110.6	kN	
Tasso di lavoro della piastra ρtraz	0.89	-	ok

VERIFICA TAGLIO+TRAZIONE (SLU)			
ftbk	800	MPa	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1,4F_{t,Rd}} \leq 1$
Fv,Ed	6	kN	
Fv,Rd	74	kN	
Ft,Ed	98	kN	
Ft,Rd	111	kN	
Verifica	0.72	-	
	< 1		ok

23 PIASTRA DI BASE

Le sollecitazioni massime che si hanno alla base delle colonne sono le seguenti:

	P	V	M2	M3
	KN	KN	KN-m	KN-m
SLV1Max	**-1554**	1048	2485	7531
SLU6Min	**-5028**	61	-454	15
ECC1Max	-2327	**3801**	205	6110
SLV2Max	-2031	343	**7499**	2680
SLV1Max	-1975	962	962	**7531**

Al fine di assorbire le sollecitazioni sopra riportate, la piastra di base sarà realizzata secondo lo schema seguente:

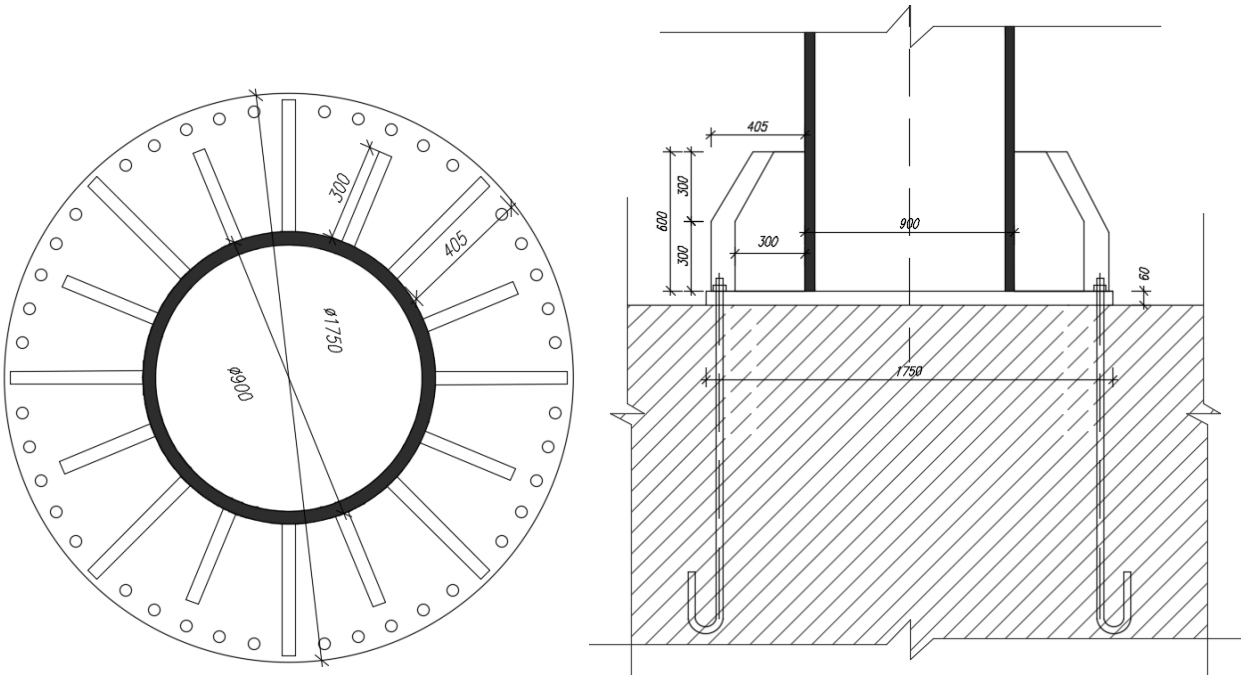
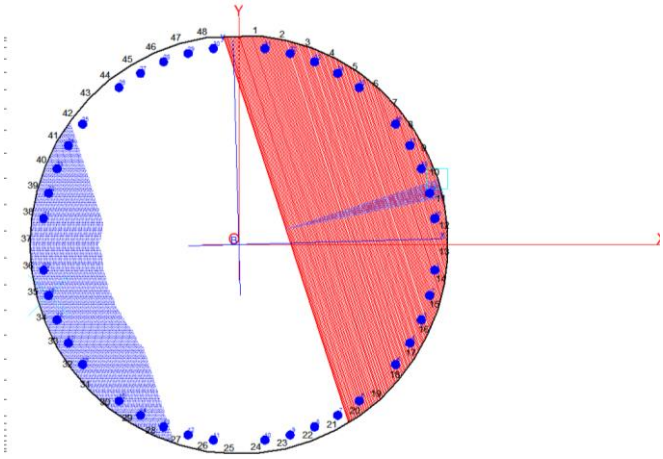


Figura 109: Nodo di base colonna – pianta e sezione



Si riporta la verifica del tirafondo maggiormente sollecitato.

Verifica tirafondi

σs max tirafondo	356	Mpa	
Fv, Ed, max	95	kN	
Ft,Ed max	300	kN	OK
numero tirafondi	40	-	
Ares	817	mm2	
d	36	mm	
lbd	1500	mm	
fbd	2.69	Mpa	tensione di aderenza
fck	25	MPa	C25/30
fctk	1.80	Mpa	
fbk	4.0	Mpa	
gamma c	1.5	-	
eta 1	1	-	
eta2	1	-	

Ft,Rd	470.6	kN
Fv,Rd	313.7	kN
ftbk	800	Mpa

Fv,Ed	Ft,Ed	$\frac{F_{v,Ed}}{F_{v,Rd}} + \frac{F_{t,Ed}}{1{,}4F_{t,Rd}} \leq 1$
kN	kN	
95	300	0.76

23.1 MODELLAZIONE NUMERICA NODO DI BASE

Il funzionamento globale del nodo di ancoraggio delle colonne alla fondazione, formato da piastra di base di spessore 60mm ed irrigidenti di spessore 40mm, è stato studiato attraverso un modello agli E. F. con il programma di calcolo Straus7.

Ad ogni elemento shell sono state assegnate le reali caratteristiche geometriche e di materiale.

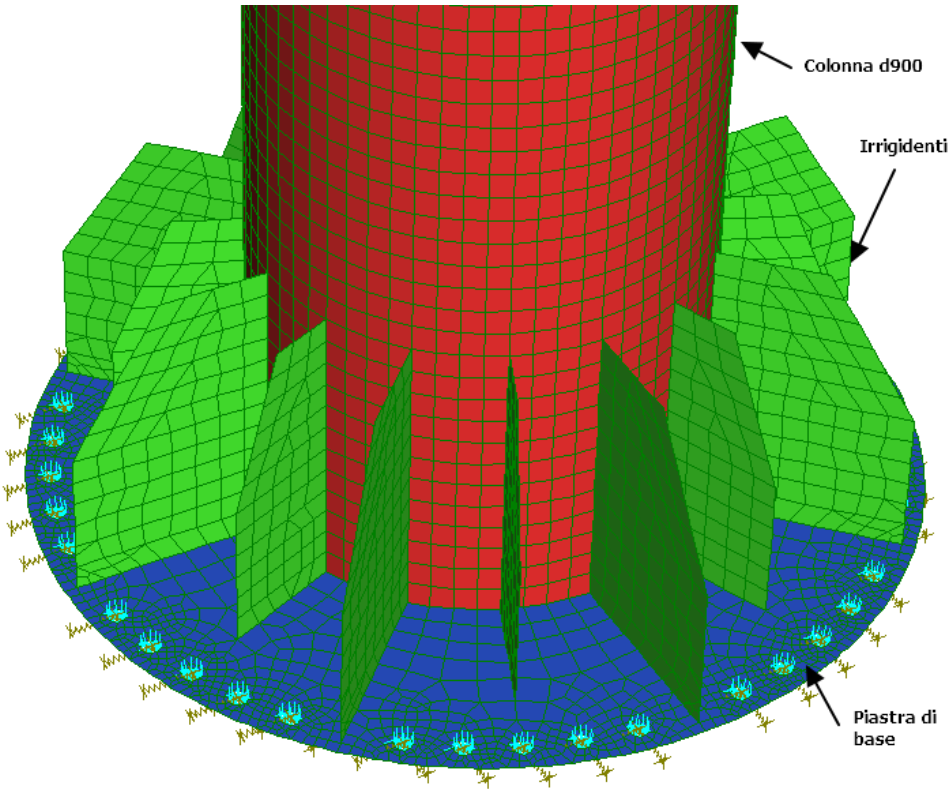


Figura 110: Modello di calcolo E.F. nodo di base della colonna

L'analisi delle tensioni di Von Mises indica che la tensione massima per ciascuna faccia (z+ e z-) della piastra di base e degli irrigidenti non supera il valore limite di resistyenza del materiale:

f_{yd} = 319 MPa piastra di base (sp = 60mm)

f_{yd} = 338 MPa irrigidenti (sp = 40mm)

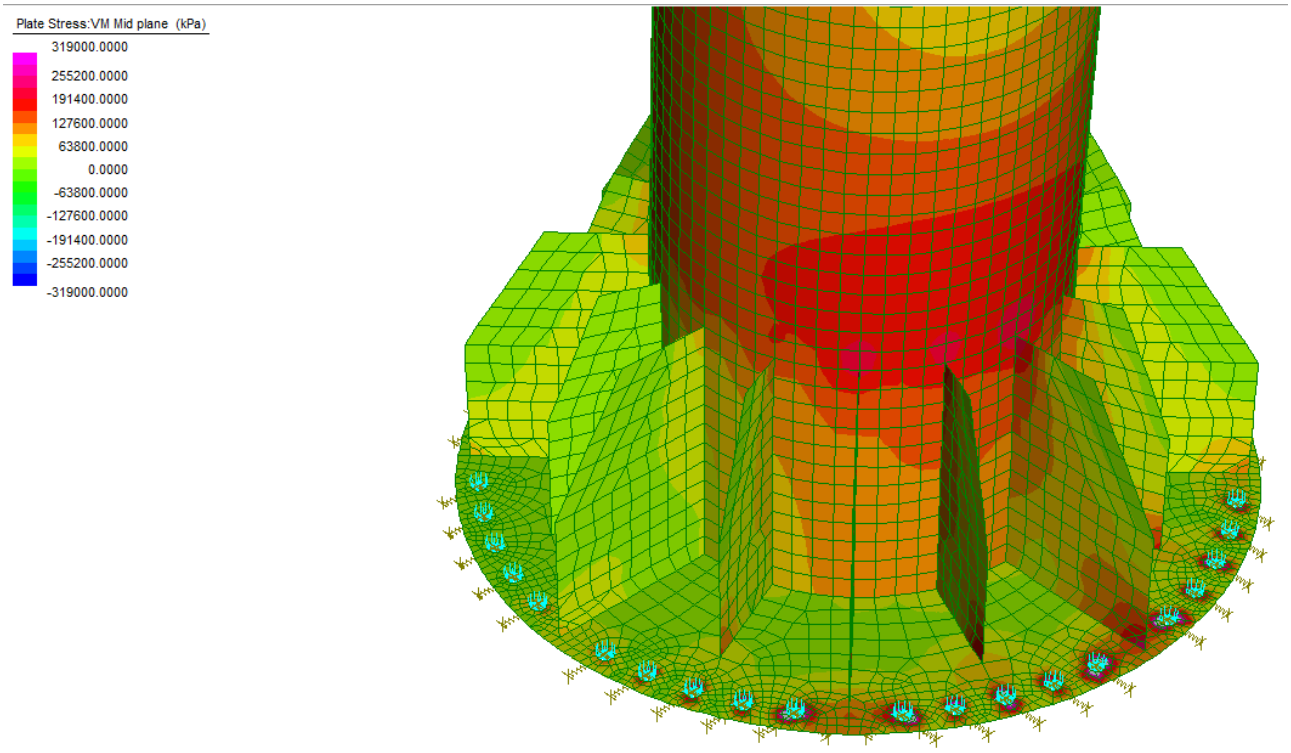


Figura 111: Modello di calcolo E.F. tensioni VM vista 3D

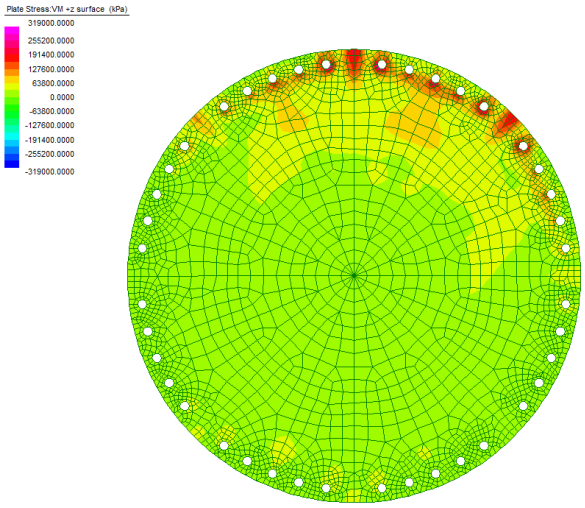


Figura 112: Modello di calcolo E.F. tensioni VM z+

Piastra base

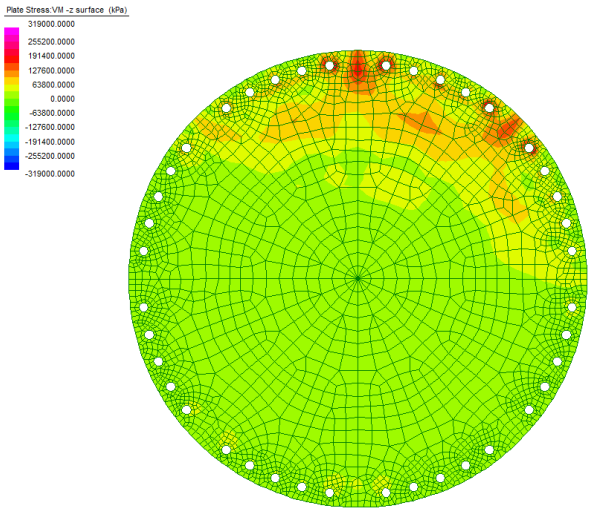


Figura 113: Modello di calcolo E.F. tensioni VM z-

Piastra base

24 FONDAZIONI

Le fondazioni sono costituite da due plinti in calcestruzzo armato, di dimensioni 14.0m * 4.4m * 1.6m, ciascuno su 12 su pali di diametro 800 mm.

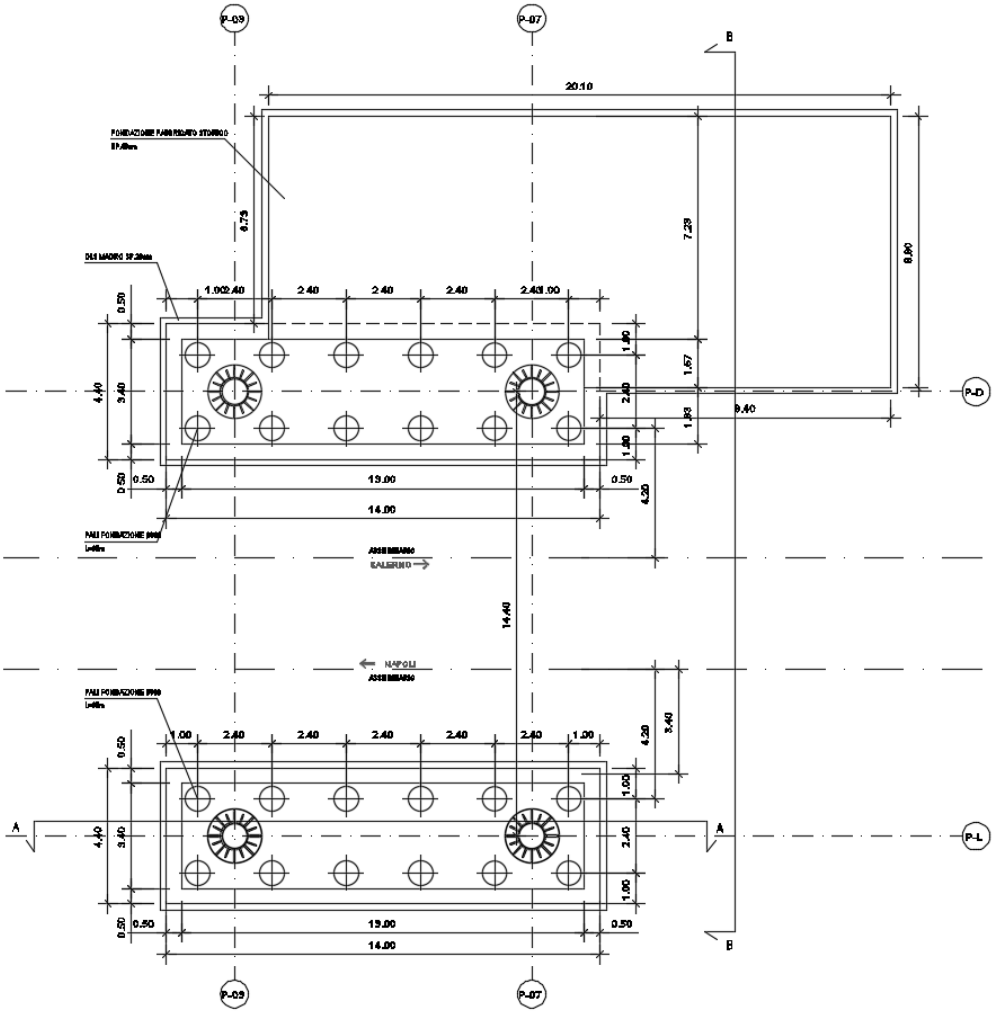


Figura 114: Plinti di fondazione Piastra – Pianta

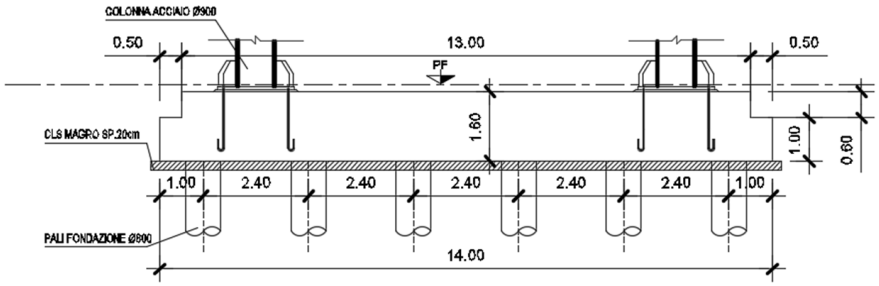


Figura 115: Plinti di fondazione Piastra - Sezione

Le sollecitazioni che agiscono a intradosso plinto sono riportate nella tabella sottostante:

	N	Mlong	Mtrasv	Vlong	Vtrasv	M torc
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN	KN-m
SLU1 Max	11931	941	1322	87	62	-22
SLU1 Min	9681	885	945	82	149	-103
SLU2 Max	11570	935	1253	87	54	-23
SLU2 Min	9575	879	867	82	143	-101
SLU3 Max	11680	935	1238	87	58	-24
SLU3 Min	9691	879	881	82	139	-101
SLU4 Max	11566	935	1252	87	54	-23
SLU4 Min	9577	879	867	82	143	-101
SLU5 Max	11443	935	1413	87	17	-23
SLU5 Min	9454	879	706	82	179	-101
SLU6 Max	11912	42	1074	4	119	-23
SLU6 Min	9662	1784	1193	166	92	-104
SLU7 Max	11551	36	1005	3	111	-24
SLU7 Min	9555	1778	1115	165	86	-102
SLU8 Max	11660	36	990	3	114	-24
SLU8 Min	9671	1778	1129	165	82	-102
SLU9 Max	11546	36	1004	3	111	-24
SLU9 Min	9557	1778	1115	165	86	-102
SLU10 Max	11424	36	1165	3	74	-24
SLU10 Min	9435	1778	954	165	123	-102
SLE1 Max	9394	621	886	58	46	-16
SLE1 Min	7793	606	660	56	98	-70
SLE2 Max	9237	617	943	57	17	-17
SLE2 Min	7806	602	505	56	117	-69
SLE3 Max	9226	617	830	57	43	-17
SLE3 Min	7799	602	617	56	92	-69
SLE4 Max	9150	617	839	57	41	-17
SLE4 Min	7723	602	608	56	94	-69
SLE5 Max	9068	617	947	57	16	-17
SLE5 Min	7642	602	500	56	118	-69
SLE6 Max	9381	22	720	2	84	-17
SLE6 Min	7780	1205	825	112	60	-70
SLE7 Max	9215	381	667	35	80	-18
SLE7 Min	7784	1600	781	149	54	-70
SLE8 Max	9213	18	664	2	81	-18
SLE8 Min	7786	1201	783	112	54	-69

	N	Mlong	Mtrasv	Vlong	Vtrasv	M torc
	KN	KN-m	KN-m	KN	KN	KN-m
SLV1 Max	9804	20602	6564	1914	670	63
SLV1 Min	6243	20515	6936	1906	584	-149
SLV2 Max	9705	7274	20528	676	1967	73
SLV2 Min	6342	7187	20900	668	1882	-159
SLV3 Max	9615	6863	6542	638	668	20
SLV3 Min	6433	6776	6914	629	582	-106
ECC1 Max	8021	19764	202	3939	49	136
ECC1 Min	6915	19818	392	3944	6	129
ECC2 Max	8021	214	6729	20	1383	37
ECC2 Min	6915	267	6539	25	1427	30

24.1 SOLLECITAZIONI SUL SINGOLO PALO

Si determinano le azioni sul singolo palo, considerando una ripartizione rigida delle sollecitazioni.

La configurazione geometrica della palificata di fondazione pone i pali ad un interasse pari a 3 diametri, distanza minima richiesta. Con tale distanza si considera, generalmente, trascurabile l'interazione reciproca tra i pali. Per questo motivo nell'analisi non si prende in considerazione l'effetto gruppo.

Le sollecitazioni massime (comprensive del peso del palo, L=37m) sono:

	Nmax	Nmin	Tmax	Mmax
SLU	1340	666	14	39
SLE	1030	547	11	30
ECC	1438	-41	332	897
SLV	2618	-1137	175	473
	kN	**kN**	**kN**	**kNm**

Nei paragrafi che seguono si riportano le verifiche geotecniche e strutturali del palo più sollecitato.

La combinazione di verifica è la A1+M1+R3; dal momento che all'interno del foglio di calcolo sono state inserite le sollecitazioni già combinate (massimi valori per le combinazioni SLU/SLV), sono stati adottati i coefficienti delle azioni (γG e γQ) unitari. In ogni caso, sono stati considerati gli adeguati valori per i coefficienti di riduzione delle resistenze (γs e γs traz), come indicato al § 6.4.3.1.1 delle NTC2018.

24.2 VERIFICHE GEOTECNICHE

24.2.1 Compressione

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

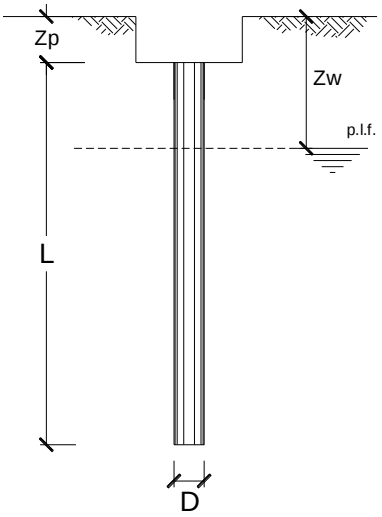
CANTIERE: **OPERA:**

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)	Area del Palo (Ap):	0.503	(m^2)
Quota testa Palo dal p.c. (z_p):	2.00	(m)	Quota falda dal p.c. (z_w):	4.20	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	2618	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	4		Lpalo =	37.00	(m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_b	γ_s	$\gamma_{s\,traz}$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
SLU	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
SLU	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
SLU	SISMA	◉	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30

n	1 ◉	2 ○	3 ○	4 ○	5 ○	7 ○	≥10 ○	T.A. ○	prog. ○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



PARAMETRI MEDI

Strato	Spess	Tipo di terreno	Parametri del terreno			
			γ	c'_{med}	φ'_{med}	$c_{u\,med}$
(-)	(m)		(kN/m^3)	(kPa)	(°)	(kPa)
1	1.00	-	13.00	0.0	22.0	
2	6.00		14.00	0.0	25.0	
3	15.00		16.00	0.0	33.0	
4	15.00		16.00	0.0	36.0	

Coefficienti di Calcolo			
k	μ	a	α
(-)	(-)	(-)	(-)
0.63	0.40		
0.58	0.47		
0.46	0.65		
0.41	0.73		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

RISULTATI

Strato	Spess	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm	Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm
(-)	(m)		(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1	1.00	-	20.6					20.6				
2	6.00		250.9					250.9				
3	15.00		1337.8					1337.8				
4	15.00		2371.0	16.62	0.00	4237.1	2129.8	2371.0	16.62	0.00	4237.1	2129.8

CARICO ASSIALE AGENTE

$Nd = Ng \cdot \gamma_g + Nq \cdot \gamma_q$

$Nd = 2618.2$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

base $R_{b;cal\ med} = 2129.8$ (kN)

laterale $R_{s;cal\ med} = 3980.3$ (kN)

totale $R_{c;cal\ med} = 6110.1$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

base $R_{b;cal\ min} = 2129.8$ (kN)

laterale $R_{s;cal\ min} = 3980.3$ (kN)

totale $R_{c;cal\ min} = 6110.1$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$R_{b,k} = Min(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = 1252.8$ (kN)

$R_{s,k} = Min(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 2341.4$ (kN)

$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 3594.2$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma b + R_{sk}/\gamma s$

$R_{c,d} = 2964.0$ (kN)

$Fs = Rc,d / Nd$

$Fs = 1.13$

24.2.2 Trazione

CALCOLO DELLA CAPACITA' PORTANTE DI UN PALO TRIVELLATO DI GRANDE DIAMETRO

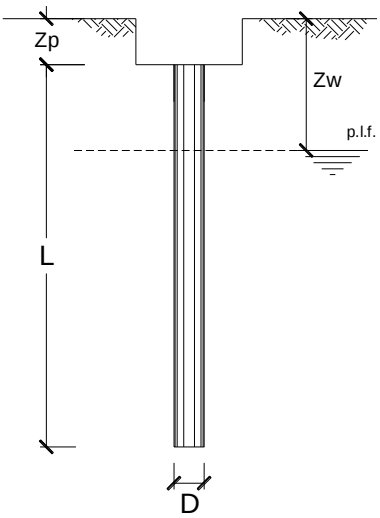
CANTIERE: **OPERA:**

DATI DI INPUT:

Diametro del Palo (D):	0.80	(m)	Area del Palo (Ap):	0.503	(m^2)
Quota testa Palo dal p.c. (z_p):	2.00	(m)	Quota falda dal p.c. (z_w):	4.20	(m)
Carico Assiale Permanente (G):	-1137	(kN)	Carico Assiale variabile (Q):	0	(kN)
Numero di strati	4		Lpalo =	37.00	(m)

coefficienti parziali			azioni		resistenza laterale e di base		
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	γ_b	γ_s	$\gamma_{s\,traz}$
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00	1.00
SLU	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.70	1.45	1.60
SLU	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.35	1.15	1.25
SLU	SISMA	◉	1.00	1.00	1.35	1.15	1.25
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.10	1.20	1.50	1.30	1.30

n	1 ◉	2 ○	3 ○	4 ○	5 ○	7 ○	≥10 ○	T.A. ○	prog. ○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.00
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.00



PARAMETRI MEDI

Strato	Spess	Tipo di terreno	Parametri del terreno				Coefficienti di Calcolo			
			γ	c'_{med}	φ'_{med}	$c_{u\,med}$	k	μ	a	α
(-)	(m)		(kN/m^3)	(kPa)	(°)	(kPa)	(-)	(-)	(-)	(-)
1	1.00	-	13.00	0.0	22.0		0.63	0.40		
2	6.00		14.00	0.0	25.0		0.58	0.47		
3	15.00		16.00	0.0	33.0		0.46	0.65		
4	15.00		16.00	0.0	36.0		0.41	0.73		

(n.b.: lo spessore degli strati è computato dalla quota di intradosso del plinto)

RISULTATI

Strato	Spess	Tipo di terreno	media					minima (solo SLU)				
			Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm	Qsi	Nq	Nc	qb	Qbm
(-)	(m)		(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)	(kN)	(-)	(-)	(kPa)	(kN)
1	1.00	-	20.6					20.6				
2	6.00		250.9					250.9				
3	15.00		1337.8					1337.8				
4	15.00		2371.0	16.62	0.00	4237.1	2129.8	2371.0	16.62	0.00	4237.1	2129.8

CARICO ASSIALE AGENTE

$Nd = Ng \cdot \gamma_g + Nq \cdot \gamma_q$

$Nd = -1136.8$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE MEDIA

base $R_{b;cal\ med} = .0$ (kN)

laterale $R_{s;cal\ med} = 3980.3$ (kN)

totale $R_{c;cal\ med} = 3980.3$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE MINIMA

base $R_{b;cal\ min} = .0$ (kN)

laterale $R_{s;cal\ min} = 3980.3$ (kN)

totale $R_{c;cal\ min} = 3980.3$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE CARATTERISTICA

$R_{b,k} = Min(R_{b,cal\ med}/\xi_3 ; R_{b,cal\ min}/\xi_4) = .0$ (kN)

$R_{s,k} = Min(R_{s,cal\ med}/\xi_3 ; R_{s,cal\ min}/\xi_4) = 2341.4$ (kN)

$R_{c,k} = R_{b,k} + R_{s,k} = 2341.4$ (kN)

CAPACITA' PORTANTE DI PROGETTO

$R_{c,d} = R_{bk}/\gamma b + R_{sk}/\gamma s$

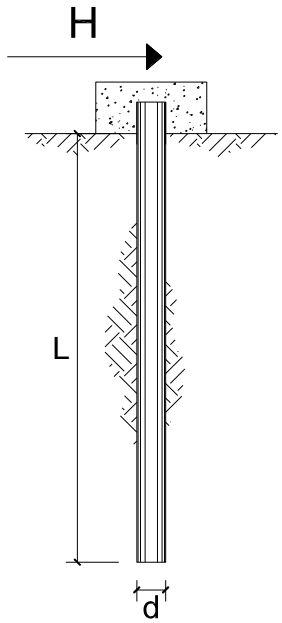
$R_{c,d} = 1873.1$ (kN)

$Fs = Rc,d / Nd$

$Fs = 1.65$

24.2.3 Verifica per azione orizzontale

CARICO LIMITE ORIZZONTALE DI UN PALO IN TERRENI INCOERENTI
PALI CON ROTAZIONE IN TESTA IMPEDITA



OPERA:

TEORIA DI BASE:
(Broms, 1964)

coefficienti parziali			A		M	R
Metodo di calcolo			permanenti γ_G	variabili γ_Q	$\gamma_{\varphi'}$	γ_T
SLU	A1+M1+R1	○	1.30	1.50	1.00	1.00
	A2+M1+R2	○	1.00	1.30	1.00	1.60
	A1+M1+R3	○	1.30	1.50	1.00	1.30
	SISMA	◉	1.00	1.00	1.00	1.30
DM88		○	1.00	1.00	1.00	1.00
definiti dal progettista		○	1.30	1.50	1.25	1.00

n	1 ◉	2 ○	3 ○	4 ○	5 ○	7 ○	≥10 ○	T.A. ○	prog. ○
ξ_3	1.70	1.65	1.60	1.55	1.50	1.45	1.40	1.00	1.40
ξ_4	1.70	1.55	1.48	1.42	1.34	1.28	1.21	1.00	1.40

Palo corto:

$$H = 1.5 k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2$$

Palo intermedio:

$$H = \frac{1}{2} k_p \gamma d^3 \left(\frac{L}{d}\right)^2 + \frac{M_y}{L}$$

Palo lungo:

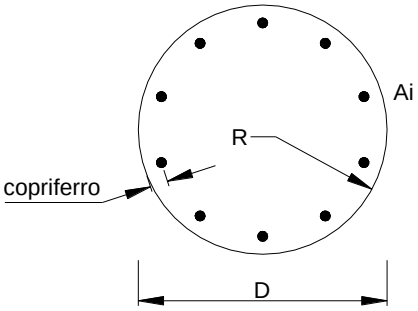
$$H = k_p \gamma d^3 \sqrt[3]{\left(3.676 \frac{M_y}{k_p \gamma d^4}\right)^2}$$

Calcolo del momento di plasticizzazione di una sezione circolare

Diametro = 800 (mm)

Raggio = 400 (mm)

Sforzo Normale = 0 (kN)



Caratteristiche dei Materiali

calcestruzzo C25/30

Rck = 30 (Mpa)

fck = 25 (Mpa)

γc = 1.5

α_{cc} = 0.85

fcd = α_{cc} fck / γc = 14.17 (Mpa)

Acciaio

tipo di acciaio B450C

fyk = 450 (Mpa)

γs = 1.15

fyd = fyk / γs = 391.3 (Mpa)

Es = 206000 (Mpa)

ε_{ys} = 0.190%

ε_{uk} = 10.000%

Armature

numero		diametro (mm)		area (mm^2)	copriferro (mm)
24	ϕ	28		14778	85
0	ϕ	26		0	80
0	ϕ	0		0	30

Calcolo

Momento di Plasticizzazione

My = 1424.4 (kN m)

Inserisci

DATI DI INPUT:

Lunghezza del palo	L =	37.00	(m)			
Diametro del palo	d =	0.80	(m)			
Momento di plasticizzazione della sezione	My =	1424.47	(kN m)			
Angolo di attrito del terreno	φ'_{med}=	36.00	(°)	φ'_{min}=	36.00	(°)
Angolo di attrito di calcolo del terreno	$\varphi'_{med,d}$=	36.00	(°)	$\varphi'_{min,d}$=	36.00	(°)
Coeff. di spinta passiva (kp = (1+sinφ')/(1-sinφ'))	kp_{med} =	3.85	(-)	kp_{min} =	3.85	(-)
Peso di unità di volume (con falda $\gamma = \gamma'$)	γ =	16.00	(kN/m^3)			
Carico Assiale Permanente (G):	G =	335	(kN)			
Carico Assiale variabile (Q):	Q =		(kN)			

Palo corto:

$H1_{med}$= 101244.84 (kN) **$H1_{min}$=** 101244.84 (kN)

Palo intermedio:

$H2_{med}$= 33786.78 (kN) **$H2_{min}$=** 33786.78 (kN)

Palo lungo:

$H3_{med}$= 1105.72 (kN) **$H3_{min}$=** 1105.72 (kN)

H_{med} = 1105.72 (kN) palo lungo **H_{min} =** 1105.72 (kN) palo lungo

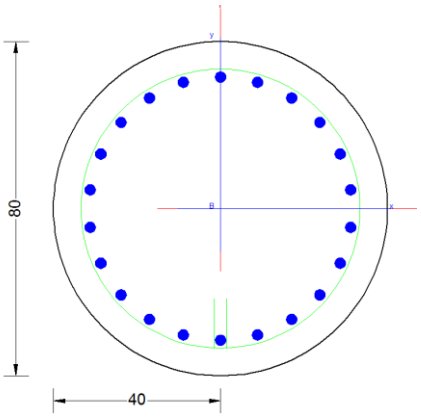
$H_k = Min(H_{med}/\xi_3 ; R_{min}/\xi_4)$ = 650.42 (kN)

$H_d = H_k/\gamma_T$ = 500.33 (kN)

$F_d = G\cdot \gamma_G + Q \cdot \gamma_Q$ = 335.00 (kN)

FS = Hd / Fd = 1.49

24.3 VERIFICHE STRUTTURALI



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C25/30	
	Resis. compr. di progetto fcd:	14.160	MPa
	Resis. compr. ridotta fcd':	7.080	MPa
	Def.unit. max resistenza ec2:	0.0020	
	Def.unit. ultima ecu:	0.0035	
	Diagramma tensione-deformaz.:	Parabola-Rettangolo	
	Modulo Elastico Normale Ec:	31475.0	MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.560	MPa
	Coeff. Omogen. S.L.E.:	15.00	
	Sc limite S.L.E. comb. Q.Permanenti:	0.00	Mpa
	Ap.Fess.limite S.L.E. comb. Q.Perm.:	0.300	mm
ACCIAIO -	Tipo:	B450C	
	Resist. caratt. snervam. fyk:	450.00	MPa
	Resist. caratt. rottura ftk:	450.00	MPa
	Resist. snerv. di progetto fyd:	391.30	MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30	MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068	
	Modulo Elastico Ef	2000000	daN/cm²
	Diagramma tensione-deformaz.:	Bilineare finito	
	Coeff. Aderenza istantaneo ß1*ß2 :	1.00	
	Coeff. Aderenza differito ß1*ß2 :	0.50	

CARATTERISTICHE DOMINIO CONGLOMERATO

Forma del Dominio:	Circolare
Classe Conglomerato:	C25/30

Raggio circ.:	40.0 cm
X centro circ.:	0.0 cm
Y centro circ.:	0.0 cm

DATI GENERAZIONI CIRCOLARI DI BARRE

N°Gen.	Numero assegnato alla singola generazione circolare di barre
Xcentro	Ascissa [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre generate
Ycentro	Ordinata [cm] del centro della circonf. lungo cui sono disposte le barre genrate
Raggio	Raggio [cm] della circonferenza lungo cui sono disposte le barre generate

N°Barre — Numero di barre generate equidist. disposte lungo la circonferenza
Ø — Diametro [mm] della singola barra generata

N°Gen.	Xcentro	Ycentro	Raggio	N°Barre	Ø
1	0.0	0.0	31.5	24	28

ARMATURE A TAGLIO

Diametro staffe: 12 mm
Passo staffe: 15.0 cm
Staffe: Una sola staffa chiusa perimetrale

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel Baric. (+ se di compressione)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sez.
My — Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sez.
Vy — Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia y
Vx — Componente del Taglio [kN] parallela all'asse princ.d'inerzia x

N°Comb.	N	Mx	My	Vy	Vx
1	1340.00	39.00	0.00	14.00	0.00
2	666.00	39.00	0.00	14.00	0.00
3	1438.00	897.00	0.00	332.00	0.00
4	-41.00	897.00	0.00	332.00	0.00
5	2618.00	473.00	0.00	175.00	0.00
6	-1137.00	473.00	0.00	175.00	0.00

COMB. QUASI PERMANENTI (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N — Sforzo normale [kN] applicato nel Baricentro (+ se di compressione)
Mx — Momento flettente [kNm] intorno all'asse x princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione
My — Momento flettente [kNm] intorno all'asse y princ. d'inerzia (tra parentesi Mom.Fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo destro della sezione

N°Comb.	N	Mx	My
1	1030.00	30.00 (0.00)	0.00 (0.00)
2	547.00	30.00 (0.00)	0.00 (0.00)

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali: 7.1 cm
Interferro netto minimo barre longitudinali: 5.4 cm
Copriferro netto minimo staffe: 5.9 cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver — S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N — Sforzo normale assegnato [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compressione)
Mx — Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My — Componente del momento assegnato [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
N Res — Sforzo normale resistente [kN] nel baricentro B sezione cls.(positivo se di compress.)

Mx Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse x princ. d'inerzia
My Res	Momento flettente resistente [kNm] riferito all'asse y princ. d'inerzia
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N r,Mx Res,My Res) e (N,Mx,My)
	Verifica positiva se tale rapporto risulta >=1.000
As Totale	Area totale barre longitudinali [cm²]. [Tra parentesi il valore minimo di normativa]

N°Comb	Ver	N	Mx	My	N Res	Mx Res	My Res	Mis.Sic.	As Totale
1	S	1340.00	39.00	0.00	1340.00	1558.73	0.00	39.97	147.8(15.1)
2	S	666.00	39.00	0.00	666.08	1505.43	0.00	38.60	147.8(15.1)
3	S	1438.00	897.00	0.00	1438.08	1565.77	0.00	1.75	147.8(15.1)
4	S	-41.00	897.00	0.00	-41.07	1417.67	0.00	1.58	147.8(15.1)
5	S	2618.00	473.00	0.00	2618.23	1612.42	0.00	3.41	147.8(15.1)
6	S	-1137.00	473.00	0.00	-1136.88	1240.82	0.00	2.62	147.8(15.1)

METODO AGLI STATI LIMITE ULTIMI - DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Xc max	Ascissa in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Xs min	Ascissa in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compress.)
Xs max	Ascissa in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Xc max	Yc max	es min	Xs min	Ys min	es max	Xs max	Ys max
1	0.00350	0.0	40.0	0.00262	0.0	31.5	-0.00394	0.0	-31.5
2	0.00350	0.0	40.0	0.00252	0.0	31.5	-0.00470	0.0	-31.5
3	0.00350	0.0	40.0	0.00263	0.0	31.5	-0.00384	0.0	-31.5
4	0.00350	0.0	40.0	0.00240	0.0	31.5	-0.00572	0.0	-31.5
5	0.00350	0.0	40.0	0.00275	0.0	31.5	-0.00283	0.0	-31.5
6	0.00350	0.0	40.0	0.00215	0.0	31.5	-0.00782	0.0	-31.5

POSIZIONE ASSE NEUTRO PER OGNI COMB. DI RESISTENZA

a, b, c	Coeff. a, b, c nell'eq. dell'asse neutro aX+bY+c=0 nel rif. X,Y,O gen.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti per sola flessione in travi continue

N°Comb	a	b	c	x/d	C.Rid.
1	0.000000000	0.000104107	-0.000664278	----	----
2	0.000000000	0.000114724	-0.001088964	----	----
3	0.000000000	0.000102673	-0.000606920	----	----
4	0.000000000	0.000129020	-0.001660813	----	----
5	0.000000000	0.000088464	-0.000038548	----	----
6	0.000000000	0.000158294	-0.002831741	----	----

VERIFICHE A TAGLIO

Diam. Staffe: 12 mm
Passo staffe: 15.0 cm [Passo massimo di normativa = 25.0 cm]

Ver	S = comb. verificata a taglio / N = comb. non verificata
Ved	Taglio di progetto [kN] = proiez. di Vx e Vy sulla normale all'asse neutro
Vcd	Taglio compressione resistente [kN] lato conglomerato [formula (4.1.28)NTC]
Vwd	Taglio resistente [kN] assorbito dalle staffe [(4.1.18) NTC]

d | z	Altezza utile media pesata sezione ortogonale all'asse neutro | Braccio coppia interna [cm] Vengono prese nella media le strisce con almeno un estremo compresso. I pesi della media sono costituiti dalle stesse lunghezze delle strisce.
bw	Larghezza media resistente a taglio [cm] misurate parallel. all'asse neutro E' data dal rapporto tra l'area delle sopradette strisce resistenti e Dmed.
Ctg	Cotangente dell'angolo di inclinazione dei puntoni di conglomerato
Acw	Coefficiente maggiorativo della resistenza a taglio per compressione
Ast	Area staffe+legature strettam. necessarie a taglio per metro di pil.[cm²/m]
A.Eff	Area staffe+legature efficaci nella direzione del taglio di combinaz.[cm²/m] Tra parentesi è indicata la quota dell'area relativa alle sole legature. L'area della legatura è ridotta col fattore L/d_max con L=lungh.legat.proietta- ta sulla direz. del taglio e d_max= massima altezza utile nella direz.del taglio.

N°Comb	Ver	Ved	Vcd	Vwd	d | z	bw	Ctg	Acw	Ast	A.Eff
1	S	14.00	1026.63	722.86	59.7| 49.0	72.2	2.500	1.188	0.3	15.1(0.0)
2	S	14.00	970.73	739.78	59.7| 50.1	72.5	2.500	1.094	0.3	15.1(0.0)
3	S	332.00	1034.23	720.31	59.7| 48.8	72.2	2.500	1.202	7.0	15.1(0.0)
4	S	332.00	906.58	762.42	60.2| 51.7	71.8	2.500	1.000	6.6	15.1(0.0)
5	S	175.00	1023.36	690.74	59.7| 46.8	71.6	2.500	1.250	3.8	15.1(0.0)
6	S	175.00	921.47	801.30	62.8| 54.3	69.5	2.500	1.000	3.3	15.1(0.0)

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - MASSIME TENSIONI NORMALI ED APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	S = comb. verificata/ N = comb. non verificata
Sc max	Massima tensione (positiva se di compressione) nel conglomerato [Mpa]
Xc max, Yc max	Ascissa, Ordinata [cm] del punto corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione (negativa se di trazione) nell'acciaio [Mpa]
Xs min, Ys min	Ascissa, Ordinata [cm] della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Ac eff.	Area di calcestruzzo [cm²] in zona tesa considerata aderente alle barre
As eff.	Area barre [cm²] in zona tesa considerate efficaci per l'apertura delle fessure

N°Comb	Ver	Sc max	Xc max	Yc max	Sf min	Xs min	Ys min	Ac eff.	As eff.
1	S	1.81	0.0	0.0	16.8	0.0	-31.5	----	----
2	S	1.14	0.0	0.0	6.8	0.0	-31.5	----	----

COMBINAZIONI QUASI PERMANENTI IN ESERCIZIO - APERTURA FESSURE [§ 7.3.4 EC2]

	La sezione viene assunta sempre fessurata anche nel caso in cui la trazione minima del calcestruzzo sia inferiore a fctm
Ver.	Esito della verifica
e1	Massima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
e2	Minima deformazione unitaria di trazione nel calcestruzzo (trazione -) valutata in sezione fessurata
k1	= 0.8 per barre ad aderenza migliorata [eq.(7.11)EC2]
kt	= 0.4 per comb. quasi permanenti / = 0.6 per comb.frequenti [cfr. eq.(7.9)EC2]
k2	= 0.5 per flessione; =(e1 + e2)/(2*e1) per trazione eccentrica [eq.(7.13)EC2]
k3	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
k4	= Coeff. in eq.(7.11) come da annessi nazionali
Ø	Diametro [mm] equivalente delle barre tese comprese nell'area efficace Ac eff [eq.(7.11)EC2]
Cf	Copriferro [mm] netto calcolato con riferimento alla barra più tesa
e sm - e cm	Differenza tra le deformazioni medie di acciaio e calcestruzzo [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC] Tra parentesi: valore minimo = 0.6 Smax / Es [(7.9)EC2 e (C4.1.8)NTC]
sr max	Massima distanza tra le fessure [mm]
wk	Apertura fessure in mm calcolata = sr max*(e_sm - e_cm) [(7.8)EC2 e (C4.1.7)NTC]. Valore limite tra parentesi
Mx fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse X [kNm]
My fess.	Componente momento di prima fessurazione intorno all'asse Y [kNm]

Comb.	Ver	e1	e2	k2	Ø	Cf	e sm - e cm	sr max	wk	Mx fess	My fess
1	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	0.00	0.00
2	S	0.00000	0.00000	----	----	----	----	----	0.000 (0.30)	0.00	0.00

25 CALCOLO DELLE INCIDENZE

SectionName	Material	Shape	TotalWt
Text	Text	Text	KN
controvento	S355	Circle	9.2
H1200	S355	I/Wide Flange	51.4
H1200*	S355	I/Wide Flange	172.0
H1200_s	S355	I/Wide Flange	130.0
H330_a	S355	I/Wide Flange	104.2
H380_a	S355	I/Wide Flange	128.9
H630	S355	I/Wide Flange	23.9
H630*	S355	I/Wide Flange	102.3
H630-parall scala	S355	I/Wide Flange	47.4
H820	S355	I/Wide Flange	105.9
H930-parall scala	S355	I/Wide Flange	85.0
HE120B	S355	I/Wide Flange	43.5
HE160B	S355	I/Wide Flange	116.8
HE180B	S355	I/Wide Flange	62.7
HE200B	S355	I/Wide Flange	17.3
Ø900	S355	Pipe	296.1
PILASTRINI	S355	Pipe	219.3
Trave arrivo scala	S355	I/Wide Flange	12.6
VAR 1200*-820		Nonprismatic	87.4
VAR 1200*-930*		Nonprismatic	38.4
VAR 1200-930		Nonprismatic	46.3
VAR 1200s-820		Nonprismatic	27.9
VAR 1200s-930s		Nonprismatic	12.9
VAR 330a-200		Nonprismatic	50.0
VAR 380-200		Nonprismatic	43.6
VAR 380a-330a		Nonprismatic	25.9
VAR 630-330		Nonprismatic	55.7
VAR 630-380		Nonprismatic	22.1
VAR 630sc-330*		Nonprismatic	32.8
VAR 820-380		Nonprismatic	106.2
VAR 820-630		Nonprismatic	30.2
VAR 930*-820		Nonprismatic	31.9
VAR 930-630 scala		Nonprismatic	51.1

2391.2

Plinto di fondazione:	incidenza = 200kg/m3
Palo di fondazione (Ø800):	incidenza = 180 kg/m3
Plinto di fondazione:	incidenza = 120 kg/m3
Soletta:	incidenza = 180 kg/m3
Setti vasche:	incidenza = 160 kg/m3
Fondazione totem:	incidenza = 60 kg/m3