

**MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI
STRUTTURA TECNICA DI MISSIONE**



COMUNE DI TORINO



**METROPOLITANA AUTOMATICA DI TORINO
LINEA 2 – TRATTA POLITECNICO – REBAUDENGO**

**PROGETTAZIONE DEFINITIVA
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo - Bologna**

PROGETTO DEFINITIVO		 INFRASTRUTTURE PER LA MOBILITÀ INFRATRASPORTI S.r.l.												
DIRETTORE PROGETTAZIONE Responsabile integrazione discipline specialistiche	IL PROGETTISTA													
Ing. R. Crova Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 60385	Ing. F. Rizzo Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino n. 9337K	PROGETTO STRUTTURALE – STAZIONI SUPERFICIALI STAZIONE GIULIO CESARE RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE ACCESSI STAZIONE												
		ELABORATO						REV.		SCALA	DATA			
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A1	D	STR	SGC	R	002	Int.	Est.	-	18/11/2022

AGGIORNAMENTI

Fg. 1 di 1

REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO	VISTO
0	EMISSIONE	15/12/21	LSA	ECA	FRI	RCR
1	EMISSIONE FINALE A SEGUITO DI VERIFICA PREVENTIVA	18/11/22	LSA	ECA	FRI	RCR
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-

<table border="1"> <tr> <td>LOTTO 1</td> <td>CARTELLA</td> <td>9.1.2</td> <td>2</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>STRSGCR002</td> </tr> </table>	LOTTO 1	CARTELLA	9.1.2	2	MTL2T1A1D	STRSGCR002	<p align="center">STAZIONE APPALTANTE</p> <p align="center">DIRETTORE DI DIVISIONE INFRASTRUTTURE E MOBILITÀ Ing. R. Bertasio</p> <p align="center">RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO Ing. A. Strozzi</p>
LOTTO 1	CARTELLA	9.1.2	2	MTL2T1A1D	STRSGCR002		

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture interne stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

INDICE

1.	PREMESSA	10
2.	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	11
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	11
2.2	PROGRAMMI DI CALCOLO	15
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	15
3.1	CALCESTRUZZO PER DIAFRAMMI: C25/30	15
3.2	STRUTTURE INTERNE E SOVRASTRUTTURA: C30/37	16
3.3	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO: B450C	16
3.4	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE: DIAFRAMMI	16
3.5	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE: STRUTTURE INTERNE E SOVRASTRUTTURA	19
3.6	ACCIAIO PER CARPENTERIA: S355J0	20
3.7	LEGNO LAMELLARE: GL24H	21
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	21
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	24
5.1	CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	24
5.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	28
6.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	31
6.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	31
6.2	FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	32
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	32
6.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	33
7.	CRITERI DI CALCOLO DELLE OPERE	35
7.1	CENNI NORMATIVI	36
7.2	CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA	37
7.3	ORIGINE DEL CODICE DI CALCOLO E SUA VALIDAZIONE	39



7.4	CARICHI APPLICATI ALLE STRUTTURE	45
7.4.1	PESO PROPRIO	45
7.4.2	PERMANENTI PORTATI STRUTTURALI G ₁	45
7.4.3	PERMANENTI PORTATI NON STRUTTURALI G ₂	45
7.4.4	SPINTA DEL TERRENO	45
7.4.5	SPINTA DELL'ACQUA	46
7.4.6	AZIONI VARIABILI Q	46
7.5	AZIONE SISMICA E	48
7.5.1	SPINTA DEL TERRENO IN FASE SISMICA	52
7.6	AZIONI TERMICHE	52
7.7	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	53
7.8	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA	57
8.	SOVRASTRUTTURA – ZONA VIAGGIATORI	60
8.1	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	60
8.2	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	63
8.3	VERIFICA DI RIGIDEZZA – SLO	65
8.4	VERIFICA DI RESISTENZA – SLD	67
8.5	VERIFICA DI RESISTENZA – SLU/SLV	67
8.5.1	SOLLECITAZIONI	67
8.5.2	VERIFICA ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	70
8.5.3	VERIFICA ELEMENTI IN LEGNO LAMELLARE	89
8.6	VERIFICA DI DEFORMAZIONE – SLE	95
8.6.1	VERIFICA ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	95
8.6.2	VERIFICA ELEMENTI IN LEGNO LAMELLARE	97
9.	SOVRASTRUTTURA – ZONA LOCALI TECNICI	101
9.1	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	101
9.2	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	105
9.3	VERIFICA DI RIGIDEZZA – SLO	108
9.4	VERIFICA DI RESISTENZA – SLD	110
9.5	VERIFICA DI RESISTENZA – SLU/SLV	110
9.5.1	SOLLECITAZIONI	110
9.5.2	VERIFICA ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	116
9.5.3	VERIFICA ELEMENTI IN C.A.	131
9.6	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO SOLETTA DI COPERTURA – SLE	164

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

9.6.1	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	164
9.6.2	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	165
9.6.3	STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	168
10.	COLLEGAMENTI STRUTTURALI	173
11.	ROBUSTEZZA STRUTTURALE	174
11.1	URTO DA TRAFFICO VEICOLARE	174
11.2	VERIFICHE STRUTTURALI	176
11.3	INCENDIO	178
11.3.1	STRUTTURA IN CARPENTERIA METALLICA	178
11.3.2	STRUTTURA IN LEGNO LAMELLARE	179
12.	GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI	180

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan linea 2 della Metropolitana di Torino	10
Figura 2.	Stazione "Giulio Cesare" – estratto Google Maps	10
Figura 3.	Dimensioni minime spessore muro e coprifermo in caso di incendio (UNI EN 1992-1-2:2005)	18
Figura 4.	Planimetria piano banchina - Tipologica	22
Figura 5.	Sovrastruttura – Locali tecnici e zona viaggiatori - Tipologica	22
Figura 6.	Pianta copertura – Struttura in carpenteria metallica e c.a. - Tipologica	23
Figura 7.	Sezione longitudinale - Tipologica	23
Figura 8.	Sezione trasversale - Tipologica	24
Figura 9.	Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)	25
Figura 10.	Sezione geotecnica di riferimento	28
Figura 11.	Rispetto dei requisiti nei confronti degli SL	36
Figura 12.	Individuazione del sito	49
Figura 13.	Individuazione dei parametri di progettazione	49
Figura 14.	Spettro SLV	50
Figura 15.	Spettro SLD	50
Figura 16.	Spettro SLO	51
Figura 17.	Azioni termiche su edifici	52
Figura 18.	Sovrastruttura zona viaggiatori – Modello FEM Vista 1	61
Figura 19.	Sovrastruttura zona viaggiatori – Modello FEM Vista 2	61
Figura 20.	Sovrastruttura zona viaggiatori – Schema statico Vista 1	62
Figura 21.	Sovrastruttura zona viaggiatori – Schema statico Vista 2	62
Figura 22.	Sovrastruttura zona viaggiatori – Carichi di piano G ₁ -G ₂ -Q	63

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Figura 23. Sovrastruttura zona viaggiatori – Vento in direzione X-	64
Figura 24. Sovrastruttura zona viaggiatori – Vento in direzione Y+	64
Figura 25. Sovrastruttura zona viaggiatori – Azione termica	65
Figura 26. Sovrastruttura zona viaggiatori – Massimo spostamento XY SLO	66
Figura 27. Sovrastruttura zona viaggiatori – Minimo spostamento XY SLO	66
Figura 28. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo momento flettente M_y	68
Figura 29. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo momento flettente M_z	68
Figura 30. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo taglio V_y	69
Figura 31. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo taglio V_z	69
Figura 32. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo azione assiale N	70
Figura 33. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tasso di lavoro	71
Figura 34. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tabella riassuntiva verifiche	71
Figura 35. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica trave	72
Figura 36. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica pilastro sez. variabile	73
Figura 37. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica base pilastro	74
Figura 38. Verifica dettagliata elemento più sollecitato	88
Figura 39. Sovrastruttura zona viaggiatori – Trave di copertura in legno lamellare	89
Figura 40. Schema statico trave di copertura	91
Figura 41. Involuppo momento flettenti M_{33} - SLU	91
Figura 42. Involuppo taglio V_2 - SLU	92
Figura 43. Deformata	92
Figura 44. Massimo tasso di sfruttamento - SLU	93
Figura 45. Deginizione degli spostamenti verticali per le verifiche di esercizio	95
Figura 46. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo deformazio DZ Combinazioni SLE	96
Figura 47. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tabella riassuntiva verifiche	96
Figura 48. Freccia iniziale – Combinazione Rara	99
Figura 49. Freccia finale – Combinazione Rara	99
Figura 50. Sovrastruttura locali tecnici – Modello FEM Vista 1	102
Figura 51. Sovrastruttura locali tecnici – Modello FEM Vista 2	102
Figura 52. Sovrastruttura locali tecnici – Schema statico Vista 1	103
Figura 53. Sovrastruttura locali tecnici – Schema statico Vista 1	103
Figura 54. Sovrastruttura locali tecnici – Vista materiali	104
Figura 55. Sovrastruttura locali tecnici – Carichi di piano G_1 - G_2 -Q	105
Figura 56. Sovrastruttura locali tecnici – Carichi G_2 soletta di copertura	105
Figura 57. Sovrastruttura locali tecnici – Carico neve Q_s soletta di copertura	106
Figura 58. Sovrastruttura locali tecnici – Vento in direzione X+	106
Figura 59. Sovrastruttura locali tecnici – Vento in direzione Y+	107
Figura 60. Sovrastruttura locali tecnici – Azione termica	107
Figura 61. Sovrastruttura locali tecnici – Massimo spostamento XY SLO	108
Figura 62. Sovrastruttura locali tecnici – Minimo spostamento XY SLO	109
Figura 63. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo momento flettente M_y SLU	111
Figura 64. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo momento flettente M_z SLU	111



Figura 65. Sovrastruttura locali tecnici – Inviluppo taglio V_y SLU	112
Figura 66. Sovrastruttura locali tecnici – Inviluppo taglio V_z SLU	112
Figura 67. Sovrastruttura locali tecnici – Inviluppo azione assiale N SLU	113
Figura 68. Soletta di copertura – Inviluppo momento flettente M_{xx} SLU	114
Figura 69. Soletta di copertura – Inviluppo momento flettente M_{yy} SLU	114
Figura 70. Soletta di copertura – Inviluppo taglio V_{xx} SLU	115
Figura 71. Soletta di copertura – Inviluppo taglio V_{yy} SLU	115
Figura 72. Sovrastruttura locali tecnici – Tasso di lavoro elementi in carpenteria metallica	116
Figura 73. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche elementi in carpenteria metallica	117
Figura 74. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave	118
Figura 75. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro sezione variabile	119
Figura 76. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica base pilastro	120
Figura 77. Sovrastruttura locali tecnici – Tasso di lavoro travi e pilastri in c.a.	132
Figura 78. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche travi c.a.	132
Figura 79. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR25x85 rialzata	133
Figura 80. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR50x40 rialzata	134
Figura 81. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR25x50 ribassata	135
Figura 82. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche pilastri	136
Figura 83. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 25x80	137
Figura 84. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 25x80	138
Figura 85. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 30x40	139
Figura 86. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 40x40	140
Figura 87. Armatura superiore e inferiore soletta di copertura Direzione 1	158
Figura 88. Armatura superiore e inferiore soletta di copertura Direzione 2	158
Figura 89. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 1	159
Figura 90. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 1 – Zone > 1	159
Figura 91. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 2	160
Figura 92. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 2 – Zone > 1	160
Figura 93. Soletta di copertura – Verifica a punzonamento -- Tasso di lavoro	161
Figura 94. Resistenza a taglio Direzione 1	162
Figura 95. Resistenza a taglio Direzione 2	163
Figura 96. Massima deformazione – Sezione fessurata	164
Figura 97. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1	166
Figura 98. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	166
Figura 99. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2	167
Figura 100. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	167
Figura 101. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1	169
Figura 102. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	169
Figura 103. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2	170
Figura 104. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	170
Figura 105. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1	171


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Figura 106. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	171
Figura 107. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2	172
Figura 108. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	172
Figura 109. Nodo di base pilastro-solettone – Tipologico	173
Figura 110. Nodo trave/pilastro e trave trave - Tipologico	173
Figura 111. Urto $F_{d,x}$ – Azione parallela alla direzione di marcia	175
Figura 112. Urto $F_{d,y}$ – Azione ortogonale alla direzione di marcia	175
Figura 113. Spostamenti in direzione X – Azione parallela alla direzione di marcia	176
Figura 114. Spostamenti in direzione Y – Azione ortogonale alla direzione di marcia	176
Figura 115. Tasso di lavoro	177
Figura 116. Verifica elementi – Tabella riassuntiva	177
Figura 117. Variazione caratteristiche acciaio in funzione della temperatura	178
Figura 118. Temperatura critica per acciaio S355	179

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Classi di esposizione e copriferro impiegati	19
Tabella 2. Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche di riferimento	27
Tabella 3. Modello geotecnico	28
Tabella 4. Parametri geotecnici medi	29
Tabella 5. Parametri geotecnici caratteristici	29
Tabella 6. Sintesi dei parametri di pericolosità sismica di base	34
Tabella 7. Sintesi delle azioni sismiche di progetto	35
Tabella 8. Coefficienti parziali per le azioni	37
Tabella 9. Tipi di analisi	40
Tabella 10. Tipologia di elementi finiti disponibili	41
Tabella 11. Tipologia di materiali e sezioni disponibili	42
Tabella 12. Tipologia di vincoli disponibili	43
Tabella 13. Tipologia di condizioni di carico disponibili	44
Tabella 14. Rigidezze Diaframmi/Fodere	46
Tabella 15. Pressione del vento – Pareti sopravento e sottovento	48
Tabella 16. Azione tangenziale del vento - Copertura	48
Tabella 17. Casi di carico CDC	53
Tabella 18. Coefficienti combinazioni di carico CMB	55
Tabella 19. Tipologia combinazioni	56
Tabella 20. Rigidezze diaframmi perimetrali	58
Tabella 21. Rigidezze diaframmi interni	58
Tabella 22. Rigidezza platea di fondazione	59
Tabella 23. Caratteristiche modello FEM sovrastruttura zona viaggiatori	60
Tabella 24. Caratteristiche sezioni modello FEM	63
Tabella 25. Caratteristiche meccaniche legno lamellare GL24h	89

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Tabella 26. Parametri struttura in legno lamellare	89
Tabella 27. Caratteristiche geometriche sezioni nodello FEM	90
Tabella 28. Carichi agenti	90
Tabella 29. Casi di carico	90
Tabella 30. Limiti di deformabilità	95
Tabella 31. Valori di k_{def}	98
Tabella 32. Caratteristiche modello FEM sovrastruttura zona locali tecnici	101
Tabella 33. Caratteristiche sezioni modello FEM	104
Tabella 34. Controllo armatura minima e passo minimo staffe - Travi	131
Tabella 35. Controllo armatura minima e passo minimo staffe - Pilastri	131
Tabella 36. Controllo armatura minima – Soletta di copertura	131
Tabella 37. Resistenza a taglio di progetto $V_{Rd,c}$	162
Tabella 38. Confronto reazioni vincolari – Zona passeggeri	180
Tabella 39. Confronto reazioni vincolari – Zona locali tecnici	180



1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha per oggetto la Progettazione Definitiva delle strutture della stazione Giulio Cesare alla PK 14+100 circa, della linea 2 della Metropolitana di Torino. In particolare, saranno trattate le analisi strutturali e le relative verifiche di sicurezza delle strutture relative alla porzione fuori terra della stazione.

Il tracciato urbano della Linea 2 della Metropolitana di Torino, si sviluppa per circa 14.50 km dal settore Nord/Est al settore Sud/Ovest della città di Torino e cioè dalla nuova stazione Rebaudengo del passante ferroviario, si inserisce nell'ex scalo ferroviario Vanchiglia, utilizzando la trincea tra le vie Gottardo e Sempione, percorre corso Regio Parco, attraversa il fiume Dora, i Giardini Reali, piazza castello, devia verso via Roma, interseca la linea 1 esistente nella stazione di Porta Nuova e, attraversando prima la stazione ferroviaria di Porta Nuova e successivamente corso Stati Uniti, devia su Corso Trento, percorre corso Duca degli Abruzzi per immettersi lungo corso Orbassano fino al cimitero parco (per maggiori dettagli si riporta nella figura seguente il key-plan della linea in questione).



Figura 1. Key-plan linea 2 della Metropolitana di Torino

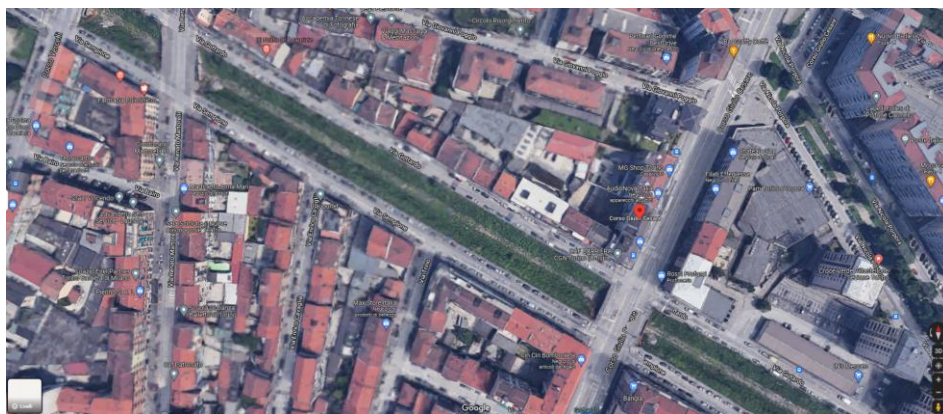


Figura 2. Stazione "Giulio Cesare" – estratto Google Maps

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Nella presente relazione saranno trattati i seguenti argomenti:

- documenti e normative di riferimento per la progettazione definitiva delle opere;
- descrizione delle opere e delle caratteristiche dei materiali impiegati per la realizzazione;
- descrizione del contesto geologico, idrogeologico e caratterizzazione geotecnica;
- caratterizzazione sismica dell'area di riferimento;
- criteri di calcolo delle opere, dimensionamento e verifica delle stesse.

2. DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO

2.1 Normative di riferimento

La progettazione definitiva delle opere sarà condotta in accordo alle seguenti norme:

- [1] Legge n. 1086 del 05/11/1971: "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica".
- [2] DM 17 gennaio 2018: Aggiornamento delle "Norme Tecniche per le costruzioni" - NTC2018 - (GU n.42 del 20/02/2018).
- [3] Circolare esplicativa del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 21 gennaio 2019, n.7 del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici recante "Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni, di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018" (GU Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).
- [4] D.M. 21/10/2015: "Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, costruzione ed esercizio delle metropolitane".
- [5] UNI 9503-2007: "Procedimento analitico per valutare la resistenza al fuoco degli elementi costruttivi in acciaio".
- [6] D.M. 16/02/2007 – Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione.
- [7] UNI EN 206:2016, "Calcestruzzo – Parte 1: specificazione, prestazione, produzione e conformità".
- [8] UNI 11104-2016, "Calcestruzzo: specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206".
- [9] UNI EN 1090-1:2012 – "Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio - Parte 1: Requisiti per la valutazione di conformità dei componenti strutturali".
- [10] Stucchi M., et al., 2004 - Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. (<https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>).
- [11] Azioni sismiche - Spettri di risposta ver.1.03 (Software sperimentale disponibile dal sito del CSLLPP, <http://cslp.mit.gov.it>).
- [12] Legge 2 febbraio 1974, n. 64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche"
- [13] D.G.R. 30 Dicembre 2019, n. 6-887: "Presenza d'atto e approvazione dell'aggiornamento della classificazione sismica del territorio della Regione Piemonte"

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

[14] D.G.R. 26 Novembre 2021, n. 10-4161: "Approvazione delle nuove procedure di semplificazione attuative di gestione e controllo delle attività urbanistico-edilizie ai fini della prevenzione del rischio sismico".

Quando necessario, sono state altresì assunti a riferimento i Codici Normativi Europei nella loro ultima revisione) sottoelencati:

- [15] Eurocode 0 - Criteri generali di progettazione strutturale
- [16] UNI EN 1990:2006 Criteri generali di progettazione strutturale
- [17] Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture
- [18] UNI EN 1991-1-1:2004 Parte 1-1: Azioni in generale - Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici
- [19] UNI EN 1991-1-2:2004 Parte 1-2: Azioni in generale - Azioni sulle strutture esposte al fuoco
- [20] UNI EN 1991-1-3:2015 Parte 1-3: Azioni in generale - Carichi da neve
- [21] UNI EN 1991-1-4:2010 Parte 1-4: Azioni in generale - Azioni del vento
- [22] UNI EN 1991-1-5:2004 Parte 1-5: Azioni in generale - Azioni termiche
- [23] UNI EN 1991-1-6:2005 Parte 1-6: Azioni in generale - Azioni durante la costruzione
- [24] UNI EN 1991-1-7:2014 Parte 1-7: Azioni in generale - Azioni eccezionali
- [25] UNI EN 1991-2:2005 Parte 2: Carichi da traffico sui ponti
- [26] UNI EN 1991-3:2006 Parte 3: Azioni indotte da gru e da macchinari
- [27] UNI EN 1991-4:2006 Parte 4: Azioni su silos e serbatoi
- [28] Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo
- [29] UNI EN 1992-1-1:2015 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [30] UNI EN 1992-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- [31] UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- [32] UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi
- [33] Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio
- [34] UNI EN 1993-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [35] UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- [36] UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
- [37] UNI EN 1993-1-4:2015 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
- [38] UNI EN 1993-1-5:2017 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- [39] UNI EN 1993-1-6:2017 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
- [40] UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
- [41] UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

- [42] UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
- [43] UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore
- [44] UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- [45] UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
- [46] UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio
- [47] UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiere - Torri e pali
- [48] UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiere - Ciminiere
- [49] UNI EN 1993-4-1:2017 Parte 4-1: Silos
- [50] UNI EN 1993-4-2:2007 Parte 4-2: Serbatoi
- [51] UNI EN 1993-4-3:2007 Parte 4-3: Condotte
- [52] UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole
- [53] UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento
- [54] Eurocodice 4 – Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo
- [55] UNI EN 1994-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- [56] UNI EN 1994-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- [57] UNI EN 1994-2:2006 Parte 2: Regole generali e regole per i ponti
- [58] Eurocodice 5 – Progettazione delle strutture in legno
- [59] UNI EN 1995-1-1:2014 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici
- [60] UNI EN 1995-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- [61] UNI EN 1995-2:2005 Parte 2: Ponti
- [62] Eurocodice 6 – Progettazione delle strutture in muratura
- [63] UNI EN 1996-1-1:2013 Parte 1-1: Regole generali per strutture di muratura armata e non armata
- [64] UNI EN 1996-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- [65] UNI EN 1996-2:2006 Parte 2: Considerazioni progettuali, selezione dei materiali ed esecuzione delle murature
- [66] UNI EN 1996-3:2006 Parte 3: Metodi di calcolo semplificato per strutture di muratura non armata
- [67] Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica
- [68] UNI EN 1997-1:2013 Parte 1: Regole generali
- [69] UNI EN 1997-2:2007 Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo
- [70] Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica
- [71] UNI EN 1998-1:2013 Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- [72] UNI EN 1998-2:2011 Parte 2: Ponti
- [73] UNI EN 1998-3:2005 Parte 3: Valutazione e adeguamento degli edifici

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

[74] UNI EN 1998-4:2006 Parte 4: Silos, serbatoi e condotte

[75] UNI EN 1998-5:2005 Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici

[76] UNI EN 1998-6:2005 Parte 6: Torri, pali e camini

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

2.2 Programmi di calcolo

Per l'analisi delle strutture in c.a. e acciaio e le relative verifiche è stato utilizzato il seguente software:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	Midas GEN
Versione:	Gen 2021 (v2.1)
Produttore-Distributore:	MIDAS Information Technology Co.,Ltd - South Korea
Codice Licenza:	Licenza CFENGEN0002443

Per l'analisi delle strutture in legno lamellare e le relative verifiche è stato utilizzato il seguente software:

Informazioni sul codice di calcolo	
Titolo:	ProSap
Versione:	21.9.2
Produttore-Distributore:	2Si – Software e servizi per l'ingegneria S.r.l.
Codice Licenza:	E-Time

3. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

3.1 Calcestruzzo per diaframmi: C25/30

Classe di esposizione:	XC2
Resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 24.90 \text{ MPa}$
Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 32.90 \text{ MPa}$
Modulo Elastico:	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 31447.16 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 14.11 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.55 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 1.79 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.19 \text{ MPa}$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

3.2 Strutture interne e sovrastruttura: C30/37

Classe di esposizione strutture interne:	XC3
Classe di esposizione sovrastruttura:	XC1
Resistenza caratteristica a compressione:	$f_{ck} = 0.83 \cdot R_{ck} = 30.71 \text{ MPa}$
Resistenza media a compressione:	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38.71 \text{ MPa}$
Modulo Elastico:	$E_{cm} = 22000 \cdot (f_{cm}/10)^{0.3} = 33019.43 \text{ MPa}$
Resistenza di calcolo a compressione:	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 0.85 \cdot f_{ck} / 1.5 = 17.40 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione media:	$f_{ctm} = 0.3 \cdot f_{ck}^{2/3} = 2.94 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione:	$f_{ctk} = 0.7 \cdot f_{ctm} = 2.06 \text{ MPa}$
Resistenza a trazione di calcolo:	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1.37 \text{ MPa}$

3.3 Acciaio da cemento armato: B450C

Tensione di rottura caratteristica	$f_{tk} \geq 540 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento caratteristica	$f_{yk} \geq 450 \text{ MPa}$
Tensione di snervamento di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = f_{yk} / 1.15 = 391.3 \text{ MPa}$
Allungamento caratteristico	$\geq 7.5\%$
Modulo elastico	$E_s = 210000 \text{ MPa}$

3.4 Copriferro minimo e copriferro nominale: Diaframmi

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale".

Il copriferro viene calcolato secondo le prescrizioni dell'Eurocodice 2 (UNI EN 1992-1-1, §4.4.1): il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo (c_{min}) più un margine di progetto per gli scostamenti ΔC_{dev} :

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Il copriferro minimo (c_{min}) è pari a:

$$c_{min} = \max (c_{min,b}; c_{min,dur} + \Delta c_{dur,\gamma} - \Delta c_{dur,st} - \Delta c_{dur,add}; 10 \text{ mm})$$

in cui:

- $c_{min,b}$ è il copriferro minimo dovuto al requisito di aderenza e vale 26 mm (diametro massimo delle barre isolate);
- $c_{min,dur}$ è il copriferro minimo dovuto alle condizioni ambientali (30 mm);
- $\Delta c_{dur,\gamma}$ riduzione del copriferro per margine di sicurezza (0 mm);
- $\Delta c_{dur,st}$ riduzione del copriferro per utilizzo di acciaio inossidabile (0 mm);
- $\Delta c_{dur,add}$ riduzione del copriferro per utilizzo di protezione aggiuntiva (0 mm).

Pertanto, si ha $c_{min} = 56$ mm. Nel caso in esame, sarà adottato un copriferro nominale pari a 75 mm per tutte le opere in oggetto (coerentemente con quanto indicato nel manuale di progettazione).

I rischi derivanti dagli incendi devono essere limitati progettando e realizzando le costruzioni in modo tale da garantire la resistenza e la stabilità degli elementi portanti, nonché da limitare la propagazione del fuoco e dei fumi. La resistenza al fuoco è il tempo durante il quale la struttura può resistere al fuoco. Per il caso in esame si considera una durata di progetto dell'incendio di 120 minuti (REI 120, riferito alla curva di incendio ISO 834).

Per la valutazione del copriferro da adottare si utilizza il metodo tabellare secondo quanto riportato al §5.4.2 della UNI EN 1992-1-2:2005; si riporta di seguito la tabella relativa allo spessore minimo da adottare per diaframma e copriferro.



Standard fire resistance	Minimum dimensions (mm)			
	Wall thickness/axis distance for			
	$\mu_{fi} = 0,35$		$\mu_{fi} = 0,7$	
	wall exposed on one side	wall exposed on two sides	wall exposed on one side	wall exposed on two sides
1	2	3	4	5
REI 30	100/10*	120/10*	120/10*	120/10*
REI 60	110/10*	120/10*	130/10*	140/10*
REI 90	120/20*	140/10*	140/25	170/25
REI 120	150/25	160/25	160/35	220/35
REI 180	180/40	200/45	210/50	270/55
REI 240	230/55	250/55	270/60	350/60

* Normally the cover required by EN 1992-1-1 will control.

Note: For the definition of μ_{fi} see 5.3.2 (3).

Figura 3. Dimensioni minime spessore muro e copriferro in caso di incendio (UNI EN 1992-1-2:2005)

Il valore μ_{fi} rappresenta il rapporto tra N_{Ed} (sforzo normale agente) e N_{Rd} (sforzo normale resistente); nel caso in esame si considera – cautelativamente – $\mu_{fi} = 0.7$.

Secondo quanto riportato in Figura 3 lo spessore minimo del muro (per REI 120) deve essere pari a 160 mm, mentre per il copriferro pari a 35 mm; entrambe le condizioni risultano dunque soddisfatte.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

3.5 Copriferro minimo e copriferro nominale: Strutture interne e Sovrastruttura

Al fine di preservare le armature dai fenomeni di aggressione ambientale, dovrà essere previsto un idoneo copriferro; il suo valore, misurato tra la parete interna del cassero e la generatrice dell'armatura metallica più vicina, individua il cosiddetto "copriferro nominale". I valori dei copriferro sono calcolati in accordo alla tabella C4.1.6.1.3 della Circolare del 21 gennaio 2019 inerente alle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni.

Tabella 1. Classi di esposizione e copriferro impiegati

Tipologia	Esposizione	Ambiente	Classe calcestruzzo	C_{min} [mm]	Cutilizzato [mm]
Diaframmi	XC2	Ordinario	C25/30	$25+10^*+10^{**}=45$	75
Solettone di copertura	XC3	Ordinario	C30/37	$20+10^*+10^{**}=40$	50
Fodere	XC3	Ordinario	C30/37	$20+10^*+10^{**}=40$	50
Orizzontamenti	XC3/XC1	Ordinario	C30/37	$20+10^*+10^{**}=40$	40
Pilastrini	XC3/XC1	Ordinario	C30/37	$25+10^*+10^{**}=45$	45
Platea di fondazione	XC3	Ordinario	C30/37	$20+10^*+10^{**}=40$	50

* per costruzioni con vita nominale di 100 anni

** per tolleranze di posa dell'armatura

Tabella C4.1.IV - Copriferri minimi in mm

C_{min}	C_o	ambiente	barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p. elementi a piastra		cavi da c.a.p. altri elementi	
			$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$	$C \geq C_o$	$C_{min} < C < C_o$
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C30/37	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Sulla base delle classi di esposizione XC3 e XC1 considerate si assume un copriferro minimo pari a:

- 20 mm per gli elementi orizzontali;
- 25 mm per gli elementi verticali;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

a tale valore va aggiunta la tolleranza di posa pari a 10 mm e, dato che la struttura ha vita nominale di 100 anni, si aggiungono ulteriormente altri 10 mm. Pertanto, il c_{min} risulta essere rispettivamente pari a:

$$c_{min} = 20 + 10 + 10 = 40 \text{ mm}$$

$$c_{min} = 25 + 10 + 10 = 45 \text{ mm}$$

Il copriferro nominale è definito come il copriferro minimo (c_{min}) più un margine di progetto per gli scostamenti ΔC_{dev} :

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev} = 40 + 10 = 50 \text{ mm}$$

Nel caso in esame sarà adottato un copriferro nominale pari a:

- 50 mm per il solettone di copertura e la platea di fondazione;
- 50 mm per le fodere di rivestimento diaframmi;
- 40 mm per i solai interni della stazione e la copertura della sovrastruttura zona locali tecnici;
- 45 mm per le strutture verticali.

3.6 Acciaio per carpenteria: S355J0

Per spessori $t \leq 40 \text{ mm}$

Tensione di rottura caratteristica $f_{tk} \geq 510 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} \geq 355 \text{ MPa}$

Per spessori $40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$

Tensione di rottura caratteristica $f_{tk} \geq 470 \text{ MPa}$

Tensione di snervamento caratteristica $f_{yk} \geq 335 \text{ MPa}$

Coefficienti di sicurezza

Resistenza delle sezioni di Classe 1-2-3-4 $\gamma_{M0} = 1.05$

Resistenza all'instabilità delle membrature $\gamma_{M1} = 1.05$

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Resistenza nei riguardi della frattura

$$\gamma_{M2} = 1.25$$

Modulo elastico

$$E_s = 210000 \text{ MPa}$$

3.7 Legno lamellare: GL24h

Resistenza flessione

$$f_{m,g,k} = 24.00 \text{ MPa}$$

Resistenza a trazione parallela alla fibratura

$$f_{t,0,g,k} = 19.20 \text{ MPa}$$

Resistenza a compressione parallela alla fibratura

$$f_{c,0,g,k} = 24.00 \text{ MPa}$$

Resistenza a compressione ortogonale alla fibratura:

$$f_{c,90,g,k} = 2.50 \text{ MPa}$$

Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre

$$E_{0,g,05} = 9600.00 \text{ MPa}$$

Massa volumica media

$$\rho_{g,k} = 4.20 \text{ KN/m}^3$$

Coefficiente di sicurezza

$$\gamma_M = 1.45$$

4. DESCRIZIONE DELLE OPERE

Le stazioni sono manufatti a un livello interrato con dimensioni in pianta di circa 89.0x26.0m e fondo scavo posto alla profondità di -10.70m rispetto al piano campagna; al suo interno sono presenti:

- platea di spessore pari a 1.00m sagomata per ospitare i cunicoli impiantistici presenti sotto la via di corsa;
- soletta di banchina di spessore pari a 0.30m con estradosso a -6.90m rispetto al piano campagna;
- diaframmi laterali di spessore 0.80m continui lungo tutto il perimetro della stazione;
- diaframmi centrali di spessore 0.60m discontinui;
- solettone di copertura di spessore pari a 1.20m con estradosso a -0.50m rispetto al piano campagna;
- fodere verticali di rivestimento dei diaframmi laterali di spessore 0.50m.

Il solettone di copertura funge da fondazione alla sovrastruttura ospitante sia l'atrio di ingresso viaggiatori che i locali tecnici/di controllo; essa è costituita principalmente da:

- struttura in carpenteria metallica con pilastri a "V" a sezione rastremata e copertura in graticcio di travi 250x500mm per la porzione viaggiatori;
- struttura verticale in c.a. a pilastri/setti e soletta piena H25 per i locali tecnici.



Per l'analisi dei diaframmi laterali si faccia riferimento al documento MTL2T1A1DSTRSGCR001 "Relazione di calcolo opere di sostegno stazione".

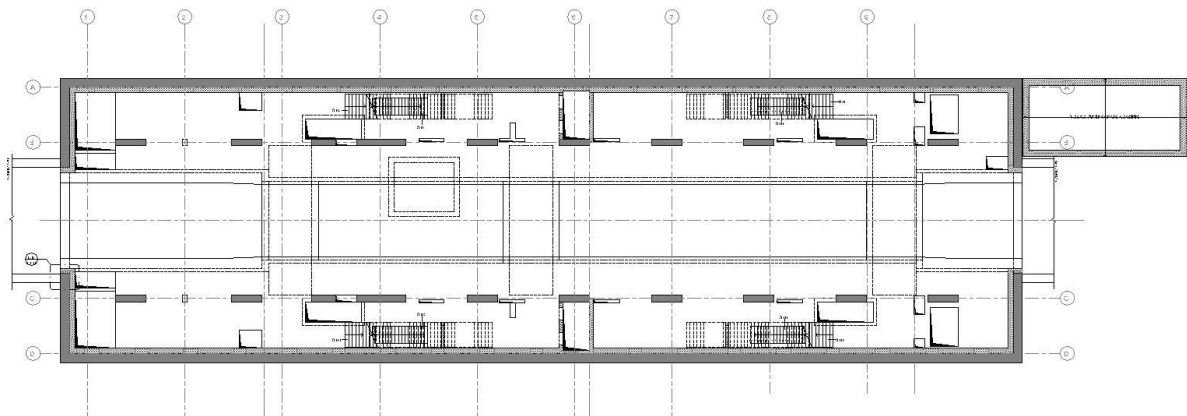


Figura 4. Planimetria piano banchina - Tipologica

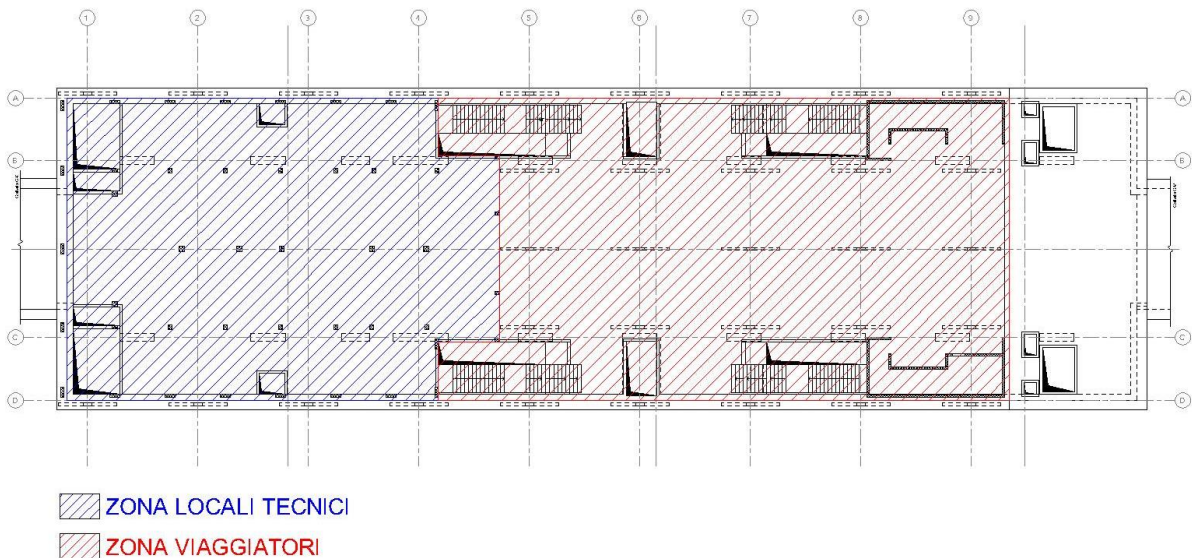


Figura 5. Sovrastruttura – Locali tecnici e zona viaggiatori - Tipologica

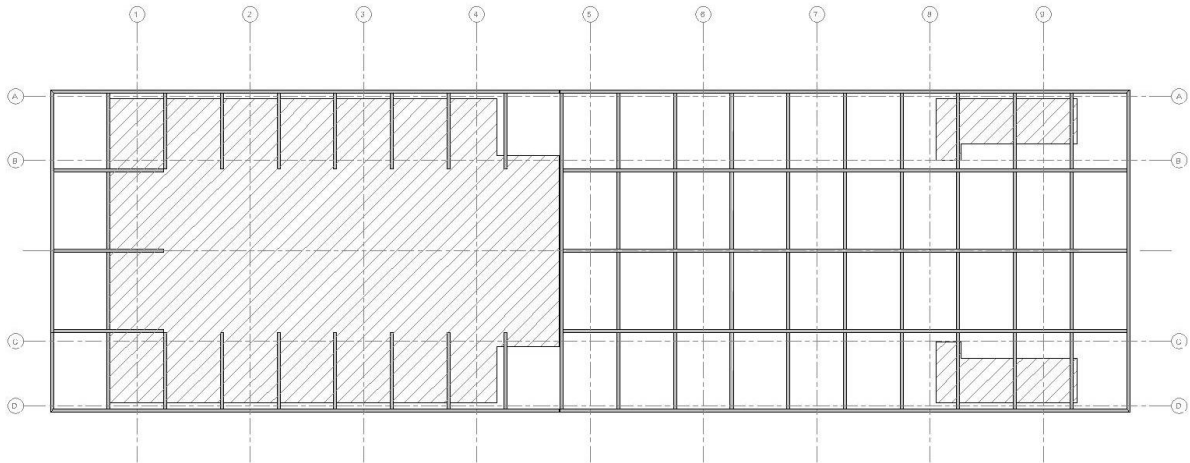


Figura 6. Pianta copertura – Struttura in carpenteria metallica e c.a. - Tipologica

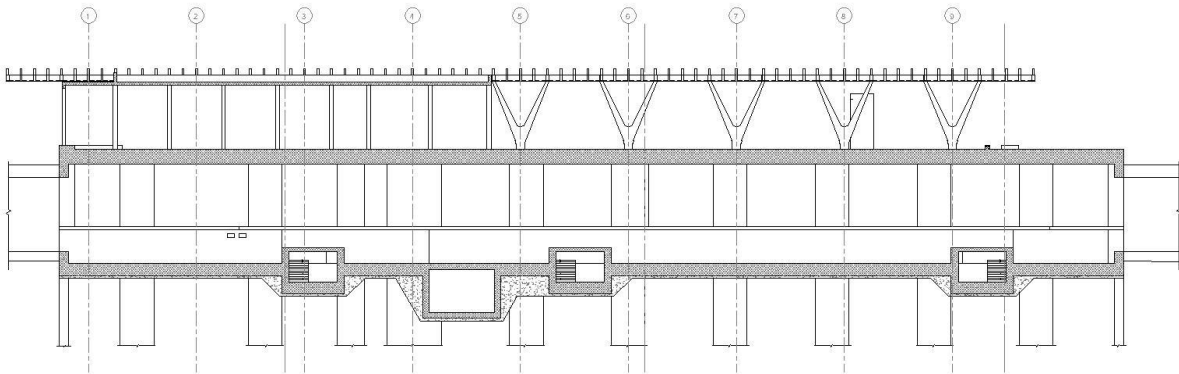


Figura 7. Sezione longitudinale - Tipologica

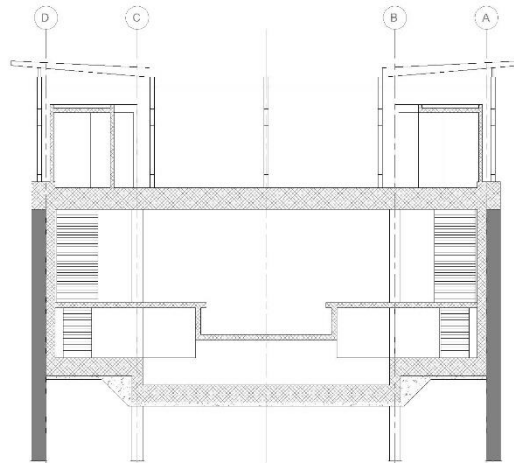


Figura 8. Sezione trasversale - Tipologica

5. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

5.1 Contesto geologico e idrogeologico

L'area lungo la quale si realizzerà la linea 2 della Metropolitana di Torino è ubicata nella cosiddetta "pianura piemontese settentrionale" delimitata a Nord-Ovest dalle Alpi e verso Sud-Est dai rilievi collinari della Collina di Torino e del Monferrato. Tale struttura è caratterizzata da una potente serie di età pliocenico superiore - olocenica formata dagli apporti successivi di due ampi conoidi fluvio-glaciali appartenenti al fiume Dora Riparia e torrente Stura di Lanzo. All'interno dei depositi fluvio-glaciali, si rinvencono termini litologici legati ai litotipi del bacino idrografico di alimentazione, per esempio serpentiniti e ultrabasiti del Massiccio Ultrabasico di Lanzo, gneiss e quarziti del Complesso del Dora Maira. I materiali di natura continentale sono sovrapposti ad una serie marina pliocenica composta da depositi sabbiosi, sabbioso-limosi fino a totalmente limosi. Ad ulteriore profondità si rinvencono formazioni marine di età terziaria di natura prevalentemente marnosa ed arenaceo-conglomeratica costituenti la Collina di Torino. Come si può osservare dalla figura sottostante, il fianco occidentale della Collina di Torino, con struttura anticlinale con asse circa NE-SW, si immerge al di sotto dei depositi quaternari della pianura.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

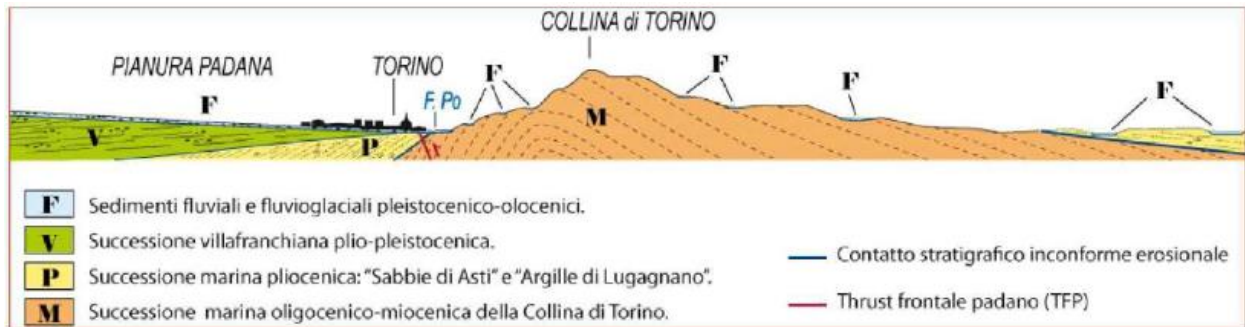


Figura 9. Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)

I terreni presenti in superficie appartengono quindi all’ambiente continentale e risalgono al periodo Pleistocenico (Era Quaternaria); tali depositi sono formati in prevalenza da materiali ghiaiosi, sabbiosi e limosi all’interno dei quali si rinvencono localmente ciottoli silicatici, silicei e calcarei. I ciottoli possono avere dimensioni molto variabili (fino a pluridecimetriche, in media di 10-30 cm), e generalmente sono composti da quarziti, gneiss, serpentiniti e metagabbri. A minori profondità si possono incontrare lenti limoso-argillose attribuibili al fiume Po. La caratteristica principale dei depositi pleistocenici di origine fluvioglaciale è la presenza in forma discontinua e localizzata, di orizzonti e livelli con grado di cementazione (e/o addensamento) variabile. I livelli conglomeratici, dotati di maggior cementazione, sono caratteristici del sottosuolo di Torino e sono conosciuti con il nome di “puddinghe”. I depositi fluvioglaciali possono presentare caratteristiche notevolmente variabili in termini di resistenza e deformabilità geotecnica in funzione del grado di cementazione ma anche dal punto di vista granulometrico.

A maggiori profondità, al di sotto dei depositi del Quaternario, si possono riscontrare i seguenti materiali geologici, dipendendo dalla zona della città in considerazione:

- depositi lacustri e fluviolacustri del Villafranchiano (Pleistocene inferiore-Pliocene superiore) che possono essere di due differenti tipologie:
 - materiale di ambiente lacustre-palustre, caratterizzati da una granulometria predominante fine e costituiti da alternanza di limi e argille;
 - materiali di ambiente fluviale, più grossolani e rappresentati da livelli sabbioso-ghiaiosi;
- la successione marina Pliocenica (composta da limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie grigio-azzurre con fossili);
- la successione marina Oligo-Miocenica della Collina di Torino (formata da marne, siltiti, arenarie e conglomerati marini).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

In base agli studi idrogeologici realizzati nella città di Torino e considerando le esperienze previe di progetti simili, possono essere identificati due principali livelli idrogeologici:

- Complesso ghiaioso-sabbioso, sede dell’acquifero libero principale, è formato dai depositi grossolani del Quaternario (ciottoli, ghiaie, e sabbie in matrice sabbioso-limoso) con potenza tra i 30-40 m. In genere i depositi quaternari possono essere caratterizzati da una permeabilità maggiore a 1.0E-04 m/s (permeabilità da media a alta) e localmente presentano un grado di permeabilità inferiore (permeabilità media, compresa tra 1.0E-06 m/s e 1.0E-04 m/s).
- Complesso argilloso-limoso-ghiaioso, sede di un acquifero profondo di tipo “multifalda” situato ad una profondità indicativa tra 40 e 200 m dal p.c. Questo acquifero è costituito da alternanze di depositi medio grossolani e fini appartenenti ai depositi fluviolacustri del Villafranchiano (con una permeabilità media, compresa tra 1.0E-06 m/s e 1.0E-04 m/s), chiusi al tetto da depositi argillosi (potenti fino a 20-30 m e con permeabilità medio-bassa, da 1.0E-08 m/s a 1.0E-06 m/s).

Si può concludere che i lavori della Linea 2 interferiranno esclusivamente con l’ acquifero superficiale del complesso ghiaioso-sabbioso, con eccezione della tratta compresa tra le stazioni di Zappata e Caboto lungo la quale la soletta della galleria attraverserà i depositi del Villafranchiano. Con riferimento all’ esperienza della Linea 1 della Metropolitana di Torino, la falda superficiale si colloca ad una profondità variabile tra i 14 m ed i 16 m dal piano campagna e l’oscillazione annuale può raggiungere un valore massimo di 2.0 m.

Con riferimento alla relazione Geotecnica, sono state individuate 7 unità geotecniche, caratterizzate da un comportamento meccanico-deformativo simile.

Nella seguente tabella si riportano gli intervalli di valori proposti per i parametri di resistenza e deformabilità delle unità geotecniche interessate dalla realizzazione delle opere in sotterraneo della linea 2 della Metropolitana di Torino. Considerando la quantità di prove di laboratorio eseguite sino a questa fase, ed una volta verificato che i materiali attraversati sono principalmente gli stessi, si è usato come riferimento la caratterizzazione geo-meccanica utilizzata nel contesto del progetto esecutiva della linea 1 della Metropolitana di Torino esistente.

**Tabella 2. Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche di riferimento**

Unità	γ_{nat}	ϕ'	c'	c_u	E	ν
	[kN/m ³]	[°]	[kPa]	[kPa]	[MPa]	[-]
U1	17-19	30-37	0	-	10-25	0.2-0.3
U2	18-21	32-40	0-20	-	140-170	0.3-0.4
U3	19-22	35-37	20-50	-	170-200	0.3-0.4
U4	19-22	36-42	50-140	-	200-260	0.3-0.4
U5	19-21	20-30	22-45	100-150	30-100	0.3-0.35
U6	18-20	26-36	10-35	70-310	60-120	0.3-0.35
U7	18-20	27-31	15-30	100-200	100-200	0.3-0.35

**U1: Terreno superficiale; U2: Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate; U3: Ghiaie e sabbie mediamente cementate; U4: Ghiaie e sabbie altamente cementate; U5: Limi argillosi ed argille limose; U6: Alternanza di sabbie fini-medie debolmente limose e limi argillosi-sabbiosi; U7: Argille limose compatte e localmente litificate (marne di Sant'Agata).*

dove:

γ_{nat} : peso di volume unitario

ϕ' : angolo di attrito

c' : coesione apparente

c_u : coesione non drenata

E: modulo di Young del terreno

ν : coefficiente di Poisson del terreno

Per ulteriori dettagli e/o approfondimenti in merito alla caratterizzazione geotecnica dei materiali si rimanda all'elaborato specialistico.



5.2 Parametri geotecnici di riferimento

Nella seguente immagine si riporta la sezione geotecnica di riferimento per la stazione Giulio cesare:

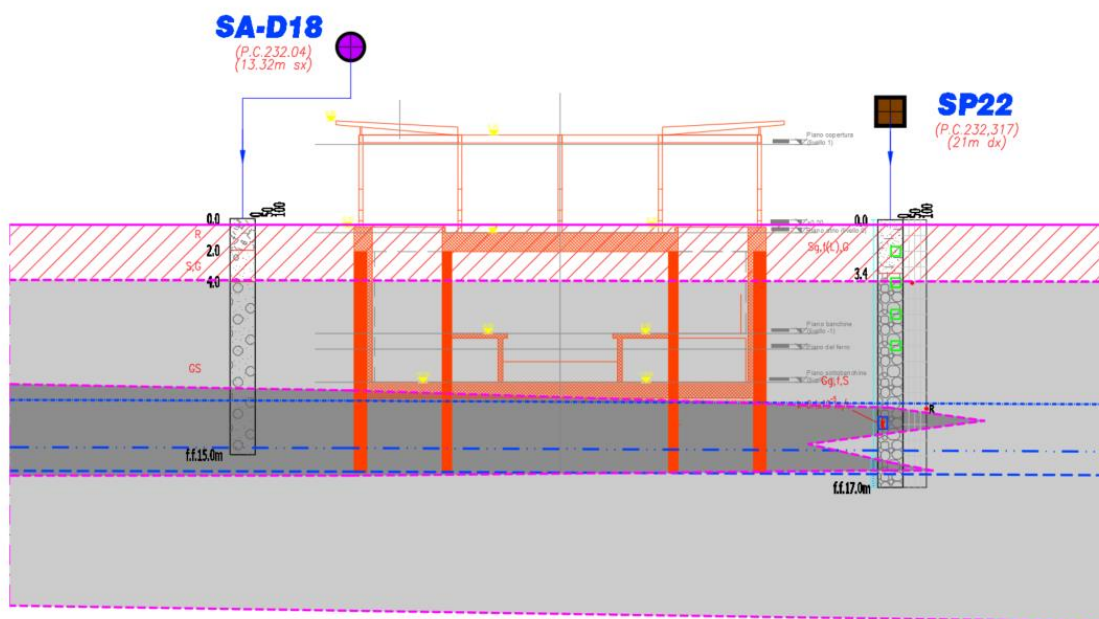


Figura 10. Sezione geotecnica di riferimento

Nella Tabella 2 è riportato il modello geotecnico di riferimento utilizzato per il dimensionamento della paratia di micropali. In Tabella 3 e Tabella 4 sono riportati i parametri geotecnici utilizzati nelle analisi. Per maggiori dettagli sulla caratterizzazione geotecnica si rimanda agli elaborati progettuali di riferimento.

Nelle seguenti tabelle vengono riportati la stratigrafia adottata e i parametri geotecnici adottati nella presente modellazione.

Tabella 3. Modello geotecnico

Unità geotecnica	Quota superiore da p.c. [m]	Quota inferiore da p.c. [m]
U1 - Terreno superficiale	0.0	-3.4
U2 - Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	-3.4	

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Tabella 4. Parametri geotecnici medi

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	E [MPa]	v [-]
U1 - Terreno superficiale	17-19	30-37	0	-	10-25	0.2-0.3
U2 - Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	18-21	32-40	0-20	-	140	0.3-0.4

Tabella 5. Parametri geotecnici caratteristici

Unità geotecnica	γ [kN/m ³]	ϕ [°]	c' [kPa]	c_u [kPa]	E [MPa]	v [-]
U1 - Terreno superficiale	17	30	0	-	10	0.3
U2 - Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	19.6	35	0	-	140	0.3

Dalla sezione geotecnica si evince che la stazione intercetta anche l'unità litologica U3, tale unità è stata raggruppata nella formazione AFR-INS che cautelativamente si riconduce alle caratteristiche geomeccaniche fornite per l'Unità 2.

Il livello della falda considerato è distinto per condizioni di breve periodo e lungo periodo considerando il livello di piano campagna è pari a:

Falda	Profondità da p.c.
Falda da letture piezometriche 2021	15.6
Falda per analisi breve termine	14.1
Falda per analisi lungo termine	11.1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Vista la similarità strutturale delle stazioni Giulio Cesare, San Giovanni Bosco e Corelli, per le verifiche delle opere geotecniche si è considerata la configurazione peggiore corrispondente alla sezione in corrispondenza della sezione Giulio Cesare caratterizzata dallo spessore dello strato superficiale definito U1 pari a 3.4m.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

6. CARATTERIZZAZIONE SISMICA

La caratterizzazione sismica prevede:

- la definizione dell'accelerazione sismica di riferimento su substrato rigido di base;
- l'individuazione della classe di sottosuolo, per la valutazione dell'amplificazione stratigrafica;
- l'individuazione di un valore di riferimento per la magnitudo massima attesa.

6.1 Valutazione dell'azione sismica di base

La valutazione dell'azione sismica per il dimensionamento degli elementi delle infrastrutture, si basa sulla mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale in cui la pericolosità è quantificata dall'accelerazione di picco (normalizzata rispetto all'accelerazione di gravità), a_g/g , in condizioni ideali di sottosuolo rigido e superficie orizzontale, associata a diverse probabilità di superamento in 50 anni. I valori di a_g/g sono dati su una griglia di punti equi-spaziati di 10km. Sulla stessa griglia sono dati anche in valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su substrato rigido (Cfr. §3.2 "azione sismica" delle NTC 2018 che, per i valori di a_g , F_o , T^*_c necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si rimanda agli allegati A e B delle NTC 2008), per le probabilità di superamento associate agli stati limite di verifica previsti dalla normativa di riferimento.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata, nei modi chiaramente precisati dalle NTC, per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale.

La normativa delinea il processo di individuazione dell'azione sismica di progetto che prevede:

- la definizione della vita utile dell'opera, V_R , sulla base della correlazione tra vita nominale V_N e classe d'uso C_U : $V_R = V_N \times C_U$
- la stima del periodo di ritorno, T_R , sulla base delle probabilità di superamento, P_{VR} , associata agli stati limite di verifica, secondo la formula: $T_R = V_R / \ln(1 - P_{VR})$
- la stima dei valori dei parametri caratteristici dello spettro di risposta elastico su suolo rigido (parametri d'azione) in funzione di T_R .

I parametri d'azione sono:

- a_g/g , accelerazione massima normalizzata, su sito di riferimento rigido orizzontale;
- F_o , moltiplicatore di a_g/g che quantifica l'amplificazione spettrale massima su sito di riferimento rigido orizzontale, ed ha valore minimo pari a 2.2;

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

- T^*_C , periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale su sito di riferimento rigido.
- Gli stati limite di verifica previsti dalla NTC2018 sono elencati di seguito, con le corrispondenti probabilità di superamento in 50 anni:
 - Stato limite ultimo di collasso, SLC, $P_{RV} = 5\%$;
 - Stato limite ultimo di vulnerabilità, SLV, $P_{RV} = 10\%$;
 - Stato limite di esercizio, di danno, SLD, $P_{RV} = 63\%$;
 - Stato limite di esercizio, di operatività, SLO, $P_{RV} = 81\%$.

6.2 Fattore di amplificazione dello spettro di risposta elastico

In coerenza con le prescrizioni normative, l'accelerazione orizzontale massima in superficie, a_{max}/g , si ottiene moltiplicando l'accelerazione massima di base, a_g/g , per un fattore di amplificazione stratigrafica, S_S , ed uno di amplificazione topografica, S_T :

$$a_{max}/g = S_S \cdot S_T \cdot a_g/g$$

Il fattore di amplificazione stratigrafica dipende dalla classe di sottosuolo definita sulla base di indagini specifiche per la valutazione delle velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s , nel sottosuolo di sedime delle singole opere, e si calcola secondo la formulazione riportata nella normativa di riferimento (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV), in funzione dei parametri spettrali F_0 ed a_g/g .

La classe di sottosuolo modifica anche il valore del periodo T_C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione, attraverso il coefficiente C_C secondo la formulazione riportata in norma (paragrafo 3.2.3.2.1, Tabella 3.2.IV).

Nel caso specifico, l'andamento altimetrico dell'area attraversata dall'infrastruttura di progetto, prevalentemente pianeggiante, con rilievi di pendenza minore di 15° , giustifica l'assunzione di una categoria topografica T1, a cui corrisponde $S_T = 1$ (Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V).

6.3 Categoria di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II delle NTC2018, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s .

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.


6.4 Valutazione dell'azione sismica di progetto

Sulla base delle caratteristiche delle opere in progetto, sono stati scelti i seguenti parametri:

- **Vita nominale: 100 anni** (Tipo di costruzione di categoria 3 – grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica);
- **Classe d'uso: III** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significanti. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provoca situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- **Coefficienti Cu: 1.5** (funzione della classe d'uso).

I parametri di pericolosità sismica di base sono stati elaborati a partire dalle coordinate del sito di riferimento. Con riferimento alle opere in oggetto:

- **Latitudine: 45.097579°**
- **Longitudine: 7.696812°**

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Sulla base di tali parametri di ingresso si ottengono i seguenti valori di pericolosità sismica:

Tabella 6. Sintesi dei parametri di pericolosità sismica di base

Parametri stati limite	u.m.	SLO	SLD	SLV
Probabilità di superamento (P_{VR})	%	81	63	10
Tempo di ritorno (T_R)	anni	90	151	1424
Accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (a_g)	g	0.035	0.040	0.070
Fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F₀)	-	2.647	2.677	2.851
Tempo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T*c)	s	0.232	0.233	0.289

La categoria di sottosuolo è stata definita in funzione dei materiali naturali interessati dalle opere in progetto; in particolare nel caso in esame si adotta la categoria di sottosuolo **C** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*).

Per quanto riguarda le condizioni topografiche è stata attribuita alle opere in oggetto la categoria T1 (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$*).

Sulla base di quanto sopra esposto, i parametri sismici di progetto che saranno impiegate per le analisi delle opere in oggetto risultano:

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Tabella 7. Sintesi delle azioni sismiche di progetto

Stato Limite	Coefficienti sismici	Depositati di paleofrana
SLO	Ss	1.500
	Cc	1.741
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.035
SLD	Ss	1.500
	Cc	1.699
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.040
SLV	Ss	1.500
	Cc	1.582
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.070

7. CRITERI DI CALCOLO DELLE OPERE

In ottemperanza con la normativa vigente, i calcoli sono condotti con il metodo semi-probabilistico agli stati limite, seguendo le prescrizioni riportate nel cap. 7 in quanto il sito di costruzione ricade in zona sismica 3.

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limite ultimi (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) sono state effettuate nel rispetto dei criteri delle NTC2018.

In generale, le analisi degli stati limite di esercizio (SLE) sono utilizzate per ottenere informazioni circa gli spostamenti attesi sotto i carichi di esercizio e per verificarne l'ammissibilità nei confronti della funzionalità dell'opera.

Le analisi agli stati limite ultimi (SLU) sono impiegate per le verifiche di resistenza degli elementi strutturali e per le verifiche geotecniche.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Tab. 7.3.III – Stati limite di elementi strutturali primari, elementi non strutturali e impianti

STATI LIMITE		CU I	CU II			CU III e IV		
		ST	ST	NS	IM	ST	NS	IM ^(*)
SLE	SLO					RIG		FUN
	SLD	RIG	RIG			RES		
SLU	SLV	RES	RES	STA	STA	RES	STA	STA
	SLC		DUT ^(**)			DUT ^(**)		

Figura 11. Rispetto dei requisiti nei confronti degli SL

7.1 Cenni Normativi

I criteri per la verifica e il dimensionamento di seguito esposti si applicano a tutte le opere strutturali.

In accordo con quanto prescritto dalla Normativa vigente, per ogni Stato Limite Ultimo (SLU) deve essere rispettata la seguente condizione:

$$E_d < R_d$$

in cui E_d rappresenta il valore di progetto dell'azione o dell'effetto dell'azione, mentre R_d è il valore di progetto della resistenza. Per quanto concerne le azioni di progetto E_d , queste possono essere determinate applicando i coefficienti parziali sulle azioni caratteristiche, oppure, successivamente, sulle sollecitazioni prodotte dalle azioni caratteristiche.

Le azioni sulla costruzione possono essere suddivise in:

- Carichi permanenti G1: peso proprio degli elementi strutturali;
- Carichi permanenti G2: peso proprio degli elementi NON strutturali;
- Carichi variabili Q: sovraccarichi, azioni ambientali e azioni termiche
- Sismiche E: terremoti
- Azioni eccezionali A: incendi, esplosioni, urti e impatti.

Nelle verifiche possono essere adottati in alternativa, due diversi approcci progettuali:

- per l'approccio 1 si considerano due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti di sicurezza parziali per le azioni, per i materiali e per la resistenza globale (combinazione 1 con coefficienti A1 e combinazione 2 con coefficienti A2),
- per l'approccio 2 si definisce un'unica combinazione per le azioni, per la resistenza dei materiali e per la resistenza globale (con coefficienti A1).

I valori dei coefficienti parziali da assumersi per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli Stati Limite Ultimi sono riportati nella seguente tabella (Tab. 2.6.I delle NTC 2018):

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Tabella 8. Coefficienti parziali per le azioni

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_1	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_Q	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

Per il calcolo e la verifica si devono considerare i seguenti stati limite ultimi:

- SLU/SLV di tipo strutturale (STR)

accertando che le resistenze superino le azioni agenti nei diversi elementi strutturali e per ciascuno stato limite considerato.

La verifica strutturale è effettuata secondo l'approccio 2, con la Combinazione 1 (coefficienti A1) secondo la tabella sopra riportata.

Per le condizioni di esercizio, bisogna analizzare gli Stati Limite di Esercizio (SLE) per verificarne la presenza di:

- eventuali danneggiamenti locali che possano ridurre la durabilità della struttura (es. eccessiva fessurazione nel calcestruzzo);
- spostamenti/deformazioni eccessivi che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto.

7.2 Criteri di analisi della sicurezza

La verifica della sicurezza degli elementi strutturali avviene con i metodi della scienza delle costruzioni. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi statici, applicando il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

L'analisi viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo sopraindicato si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$\mathbf{K} * \mathbf{u} = \mathbf{F} \quad \text{dove} \quad \mathbf{K} = \text{matrice di rigidità}$$

$$\mathbf{u} = \text{vettore spostamenti nodali}$$

$$\mathbf{F} = \text{vettore forze nodali}$$

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni e/o le tensioni di ogni elemento, riferite generalmente ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono i seguenti:

- Elemento tipo **TRUSS**
- Elemento tipo **BEAM**
- Elemento tipo **PLATE**
- Elemento tipo **BOUNDARY**
- Elemento tipo **STIFFNESS**

Tipo di analisi strutturali effettuate:

- Sovrastruttura: Analisi Lineare Statica Equivalente;
- Struttura interrata: Analisi NON Lineare Statica.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

7.3 Origine del codice di calcolo e sua validazione

L'analisi è stata sviluppata con il software Midas GEN 2021 v.2.1.



MIDAS IT Co., Ltd.
 MIDAS IT Tower - Pangyo Seven Venture Valley,
 633 Sampyeong-dong, Bundang-gu, Seongnam-si, Gyeonggi-do, 463-400,
 KOREA

MIDAS IT Co., Ltd.

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
 Phone: +82-31-789-2000
 E-mail: info@midasit.com
<http://www.MidasUser.com>

I programmi per famiglie MIDAS producono risultati di analisi accurati basati su teorie e tecniche numeriche aggiornate pubblicate su riviste riconosciute. Il programma è stato verificato da migliaia di esempi e analisi comparative con altri S/W durante lo sviluppo.

Dallo sviluppo iniziale nel 1989, i programmi familiari MIDAS sono stati applicati in modo accurato ed efficace a oltre 5000 progetti nazionali e all'estero.

Un rigoroso processo di verifica del Computational Structural Engineering Institute of Korea ha esaminato i programmi della famiglia MIDAS

Midas Gen è stato sviluppato in Visual C++, un linguaggio di programmazione ad oggetti, in ambiente Windows. Il programma è straordinariamente veloce e può essere facilmente padroneggiato per applicazioni pratiche. Utilizzando la GUI (Graphic User Interface) le funzioni di visualizzazione grafica e, è possibile verificare un modello strutturale in ogni fase della realizzazione, con i risultati visualizzabili nella maniera più libera.

Di seguito si riportano i campi di impiego.



Tabella 9. Tipi di analisi

Simultaneously used analysis types	Gen /Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Linear Static	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Eigenvalue	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Response Spectrum	✓/✓	✓	✓	✓			✓		✓	✓
Time History (Linear)	✓/✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
Time History (Nonlinear)	✓/✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓
P-Delta	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Buckling	✓/✓	✓					✓			
Moving Load	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Settlement	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
Pushover	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 1)		✓	✓
Geometric Nonlinear	✓/✓	✓								
Geometric Nonlinear (Init. Force for G.S.)	✓/✓	✓								
Material Nonlinear	✓/✓	✓								
Construction Stage (Linear)	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 2)	✓ 3)	✓	✓
Construction Stage (Nonlinear)	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓ 3)	✓	✓
Heat of Hydration	✓/✓									
PSC	/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Composite	/✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓	✓
Boundary Change Load Case	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Simultaneously used analysis types	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC ^{a)} (Tendon, Static)	Composite ⁷⁾ (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S)	Material	Linear	Nonlinear (Indep.Accum.)				
Linear Static	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Eigenvalue	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Response Spectrum	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Time History (Linear)	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Time History (Nonlinear)	✓				✓	✓		✓	✓	✓
P-Delta	✓ 1)				✓ 2)	✓		✓		
Buckling					✓ 3)	✓ 3)		✓		✓
Moving Load	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Settlement	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Pushover	✓				✓	✓		✓		✓
Geometric Nonlinear		✓	✓	✓ 5)	✓ 3),4)	✓ 3),4)		✓		✓
Geometric Nonlinear (Init. Force for G.S.)		✓	✓		✓ 3),4)	✓ 3),4)		✓		✓
Material Nonlinear		✓ 5)		✓	✓ 3),4)	✓ 3),4)		✓ 3)		✓
Construction Stage (Linear)	✓	✓ 3),4)	✓ 3),4)	✓ 3),4)	✓	✓		✓		✓
Construction Stage (Nonlinear)	✓	✓ 3),4)	✓ 3),4)	✓ 3),4)	✓	✓		✓		✓
Heat of Hydration							✓			✓
PSC	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓
Composite									✓	✓
Boundary Change Load Case	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓



Tabella 10. Tipologia di elementi finiti disponibili

Applicable element type for each analysis type	Gen /Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Truss	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tension Only	✓/✓	✓	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)			✓ 2)	✓ 2)
Hook	✓/✓	✓	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)				
Cable	✓/✓	✓ 1)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)			✓ 2)	✓ 2)
Compression Only	✓/✓	✓	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)			✓ 2)	✓ 2)
Gap	✓/✓	✓	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)				
General Beam	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Tapered Beam	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓	✓
Plate-Thick	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓	✓
Plate-Thin	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓	✓
Plane Stress	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓
Solid	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓	✓
Wall-Membrane	✓/	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓		✓ 4)	✓ 4)
Wall-Plate	✓/	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓		✓ 4)	✓ 4)
Plane Strain	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)				
Axisymmetric	✓/✓	✓								
Applicable element type for each analysis type	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC ¹⁾ (Tendon, Static)	Composite ^{1 2)} (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S)	Material	Linear	Nonlinear (Indep. Accum.)				
Truss	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	9)	✓	✓
Tension Only		✓	✓	✓	✓	✓ 8)		9)	✓ 10)	✓
Hook		✓	✓	✓				9)		✓
Cable		✓ 5)	✓ 5)	✓ 2)	✓ 1)	✓		9)	✓ 10)	✓
Compression Only		✓	✓	✓	✓	✓ 8)		9)	✓ 10)	✓
Gap		✓	✓	✓				9)		✓
General Beam	✓	✓	✓	✓ 7)	✓	✓		✓	✓	✓
Tapered Beam	✓ 3)	✓	✓	✓ 7)	✓	✓		✓	✓	✓
Plate-Thick	✓ 4)	✓	✓ 4)	✓	✓	✓ 8)		9)	✓	✓
Plate-Thin	✓ 4)	✓ 6)	✓ 4)	✓ 6)	✓	✓ 8)		9)	✓	✓
Plane Stress	✓ 4)	✓	✓ 4)	✓	✓	✓ 8)		9)	✓	✓
Solid	✓ 4)	✓	✓ 4)	✓	✓	✓ 8)	✓	9)	✓	✓
Wall-Membrane	✓	✓	✓ 4)		✓	✓ 8)				✓
Wall-Plate	✓	✓	✓ 4)		✓	✓ 8)				✓
Plane Strain			✓ 4)	✓	✓	✓ 8)				✓
Axisymmetric			✓ 4)	✓	✓	✓ 8)				✓



Tabella 11. Tipologia di materiali e sezioni disponibili

Applicable material & section for each analysis type	Gen /Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Material	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time Dependent Material	✓/✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
Section-DB/User	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Value	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-SRC	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Combined	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-PSC	/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Tapered	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓ 2)	✓	✓	✓	✓
Section-Composite	/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Thickness-Value	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓
Thickness-Stiffened	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓
Applicable material & section for each analysis type	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC ⁵⁾ (Tendon, Static)	Composite ⁶⁾ (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S)	Material	Linear	Nonlinear (Indep. Accum.)				
Material	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Time Dependent Material	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓	✓ 4)	✓		✓ 1)	
Section-DB/User	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Value	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-SRC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Combined	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-PSC	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Tapered	✓ 2)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section-Composite	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Thickness-Value	✓	✓ 5)	✓ 5)	✓ 5)	✓	✓ 6)		7)	✓	✓
Thickness-Stiffened	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 6)		7)	✓	✓




Tabella 12. Tipologia di vincoli disponibili

Applicable boundary condition for each analysis type	Gen /Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Point Spring (Linear)	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Point Spring (Nonlinear)	✓✓✓	✓	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)	✓ 2)
General Spring	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elastic Link-General	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elastic Link-Rigid	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elastic Link-Tension	✓✓✓	✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
Elastic Link-Comp.	✓✓✓	✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
General Link (Element Type)	✓✓✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓	✓ 3)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
General Link (Force Type)	✓✓✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
Beam End Release	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Beam End Offset	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Plate End Release	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rigid Link	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Node Local Axis	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Effective Width Scale Factor	/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Section Stiff. Scale Factor	✓✓✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Wall Stiff. Scale Factor	✓/	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Applicable boundary condition for each analysis type	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC ⁸⁾ (Tendon, Static)	Composite ⁷⁾ (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S)	Material	Linear	Nonlinear (Indep. Accum.)				
Point Spring (Linear)	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Point Spring (Nonlinear)		✓	✓	✓				✓	✓	✓
General Spring	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Elastic Link-General	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Elastic Link-Rigid	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Elastic Link-Tension		✓	✓	✓ 1)	✓	✓		✓	✓	
Elastic Link-Comp.		✓	✓	✓ 1)	✓	✓		✓	✓	
General Link (Element Type)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)		✓ 1)	✓ 1)	✓ 5)
General Link (Force Type)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)		✓ 1)	✓ 1)	✓ 5)
Beam End Release	✓				✓	✓		✓	✓	✓
Beam End Offset	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)				
Plate End Release	✓				✓	✓			✓	
Rigid Link	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓	✓	
Node Local Axis	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓ 4)	✓	✓	✓	
Effective Width Scale Factor		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Section Stiff. Scale Factor	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
Wall Stiff. Scale Factor		✓	✓		✓					✓



Tabella 13. Tipologia di condizioni di carico disponibili

Applicable load type for each analysis type	Gen /Civil	Linear Static	Eigenvalue	Response Spectrum	Time History		P-Delta	Buckling	Moving Load	Settlement
					Linear	Nonlinear				
Static Load Case	✓/✓	✓					✓	✓		
Self Weight	✓/✓	✓					✓	✓		
Nodal Loads	✓/✓	✓					✓	✓		
Specified Displacement	✓/✓	✓	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
Beam Load	✓/✓	✓					✓	✓		
Floor Load	✓/✓	✓					✓	✓		
Pressure Load	✓/✓	✓					✓	✓		
System Temperature	✓/✓	✓					✓	✓		
Nodal Temperature	✓/✓	✓					✓	✓		
Element Temperature	✓/✓	✓					✓	✓		
Temperature Gradient	✓/✓	✓					✓	✓		
Beam Section Temperature	✓/✓	✓					✓	✓		
Prestress Beam Load	✓/✓	✓					✓	✓		
Pretension Load	✓/✓	✓					✓	✓		
Tendon Prestress	✓/✓	✓					✓	✓		
Time Load for CS	✓/✓									
Static Wind Load	✓/	✓					✓	✓		
Static Seismic Load	✓/	✓					✓	✓		
Initial Element Force	✓/✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Initial Force for Geo.Stiffness	✓/✓					✓				
Equilibrium Element Nodal Force	/✓									
Applicable load type for each analysis type	Pushover	Nonlinear			Construction Stage		Heat of Hydration	PSC [®] (Tendon, Static)	Composite ¹⁰⁾ (Static)	Boundary Change Load Case
		Geometric	Geometric (Init. Force for G.S)	Material	Linear	Nonlinear (Indep.Acc um.)				
Static Load Case	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓
Self Weight	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 4)	✓	✓	✓
Nodal Loads	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 2)	✓	✓	✓
Specified Displacement	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)		✓ 1)	✓ 1)	✓ 1)
Beam Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Floor Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Pressure Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓
System Temperature	✓ 2)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Nodal Temperature	✓ 2)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Element Temperature	✓ 2)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Temperature Gradient	✓ 2)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Beam Section Temperature	✓ 2)	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓
Prestress Beam Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Pretension Load	✓	✓	✓		✓	✓	✓ 3)	✓	✓	✓
Tendon Prestress					✓	✓		✓		✓
Time Load for CS					✓	✓ 8)				✓
Static Wind Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Static Seismic Load	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓
Initial Element Force								✓	✓	✓
Initial Force for Geo.Stiffness		✓	✓		✓ 5)	✓ 6,7)				
Equilibrium Element Nodal Force						✓ 7)				

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

7.4 Carichi applicati alle strutture

7.4.1 Peso proprio

I pesi propri dei singoli elementi strutturali sono ottenuti in automatico dal programma di calcolo in funzione del materiale scelto e della tipologia/dimensioni della sezione.

7.4.2 Permanenti portati strutturali G_1

Per il calcolo delle strutture portanti sono stati utilizzati i seguenti carichi permanenti portati strutturali:

- Copertura Sovrastruttura – Locali Tecnici: 0.50 kN/m²
- Copertura Sovrastruttura – Zona Viaggiatori: 0.50 kN/m²
- Sovrastruttura – Zona Viaggiatori: 7.50 kN/m²
- Banchina: 2.00 kN/m²
- Sottobanchina: 6.00 kN/m²
- Ballast: 50.40 kN/m²
- Murature interne: 2.00 kN/m²
- Sovrastruttura – Muratura perimetrale: 18.00 kN/m

7.4.3 Permanenti portati non strutturali G_2

Per il calcolo delle strutture portanti sono stati utilizzati i seguenti carichi permanenti portati NON strutturali:

- Copertura Sovrastruttura – Locali Tecnici: 4.50 kN/m²
- Copertura Sovrastruttura – Zona Viaggiatori: 1.00 kN/m²
- Sovrastruttura – Locali Tecnici: 0.80 kN/m²
- Sovrastruttura – Zona Viaggiatori: 7.50 kN/m²
- Banchina: 2.00 kN/m²
- Sottobanchina: 6.00 kN/m²
- Ballast: 50.40 kN/m²
- Murature interne: 2.00 kN/m²
- Sovrastruttura – Muratura perimetrale: 18.00 kN/m

7.4.4 Spinta del terreno

Per il calcolo della spinta del terreno sono stati utilizzati i seguenti parametri:

- Peso di volume unitario γ : 19.6 kN/m³
- Angolo di attrito: 32°
- Coefficiente di spinta a riposo K_0 : 0.470
- Altezza parete: 10.50 m
- Tensione orizzontale σ_0 : 96.74 kN/m²
- Altezza parete a modello: 9.40 m
- Tensione orizzontale σ_0 modello: 108.06 kN/m²

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

A favore di sicurezza, si è deciso di caricare le fodere adiacenti con una quota parte dell'azione del terreno agente sul diaframma esterno, in quanto la deformazione che subisce questo ultimo sotto la spinta laterale del terreno potrebbe interessare la fodera: le due strutture risultano adiacenti ma non collaborante per l'interposizione dello strato di impermeabilizzazione.

La spinta del terreno è stata ripartita proporzionalmente alle rigidità delle due strutture, considerando per i diaframmi un modulo elastico E a tempo infinito ridotto di 2.75.

	CLS	E [N/mm ²]	fi	B [mm]	H [mm]	J [mm ⁴]	K [Nmm ²]	Ratio
DIAFRAMMA	C25/30	31476	2.75	1000	800	42666666667	1.34298E+15	0.80
FODERA	C30/37	32837	1	1000	500	10416666667	3.42052E+14	0.20

Tabella 14. Rigidità Diaframmi/Fodere

7.4.5 Spinta dell'acqua

Il livello di falda non interessa le opere strutturali in oggetto e quindi non viene considerata nei calcoli.

7.4.6 Azioni variabili Q

Valutazione dei carichi di piano

Per il calcolo delle strutture portanti sono stati utilizzati i seguenti carichi variabili:

- Sovrastruttura – Locali Tecnici [cat.E]: 20.00 kN/m²
- Sovrastruttura – Zona Viaggiatori [cat. C5]: 5.00 kN/m²
- Banchina– Locali Tecnici [cat.E]: 10.00 kN/m²
- Banchina– Zona Viaggiatori [cat. C5]: 5.00 kN/m²
- Sottobanchina [cat.E]: 10.00 kN/m²
- Convoglio: 7.90 kN/m²
- Murature interne: 2.00 kN/m²
- Sovrastruttura – Muratura perimetrale: 18.00 kN/m
- Sovraccarico stradale diaframmi: 20.00 kN/m²

Anche la spinta generata dal sovraccarico stradale è stata ripartita tra diaframma esterno e fodera in maniera proporzionale alle rigidità delle due strutture, agendo su quest'ultima per un'aliquota pari al 20%.

Valutazione dei carichi (fase di cantiere)

- Solettone: 20.00 kN/m²

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Valutazione del carico neve

Il carico variabile neve è presente solamente sulla copertura, ed è valutato mediante la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura [kN/m²];
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo [kN/m²];
- C_E è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Zona Neve	z [m]	μ_i	q_{sk}	C_E	C_t	q_s
Zona I - Alpina	232	0.8	1.56	1.0	1	1.25

Valutazione del carico vento

La pressione che il vento esercita sul corpo del fabbricato è data dalla seguente espressione:

$$p = q_r \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove:

- p è la pressione del vento [N/m²];
- q_r è la pressione cinetica di riferimento [N/m²];
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_p è il coefficiente di forma;
- c_d è il coefficiente dinamico.

Zona Vento	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	K_a [1/s]
Zona 1 - Piemonte	25	1000	0.010
Classe di rugosità	B		
Classe di esposizione	k_r [m/s]	z_0 [m]	z_{min} [m]
IV	0.22	0.30	8
Altezza costruzione	7.90 m		

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

q_b	c_e	c_{pe}	c_d	c_{pi}
391	1.63	+0.8/-0.5	1	+0.2/-0.3

Si ottiene una pressione del vento p pari a:

Tabella 15. Pressione del vento – Pareti sopravento e sottovento

Direzione	pressione del vento p [daN/m ²]	
	Z (+8.00 m)	
sopravento X/Y		51.00
sottovento X/Y		32.0

L'azione tangente per unità di superficie parallela all'azione del vento è data dall'espressione

$$p_f = q_r \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

- p_f è l'azione tangente del vento [N/m²];
- q_r è la pressione cinetica di riferimento [N/m²];
- c_e è il coefficiente di esposizione;
- c_f è il coefficiente di attrito.

Tabella 16. Azione tangenziale del vento - Copertura

q_b	c_e	c_f	p_f
391	1.63	0.4 – molto scabra	256

7.5 Azione sismica E

Per la verifica delle strutture, a favore di sicurezza, si considera una struttura a comportamento **NON DISSIPATIVO**, utilizzato un fattore di comportamento q allo SLV unitario.

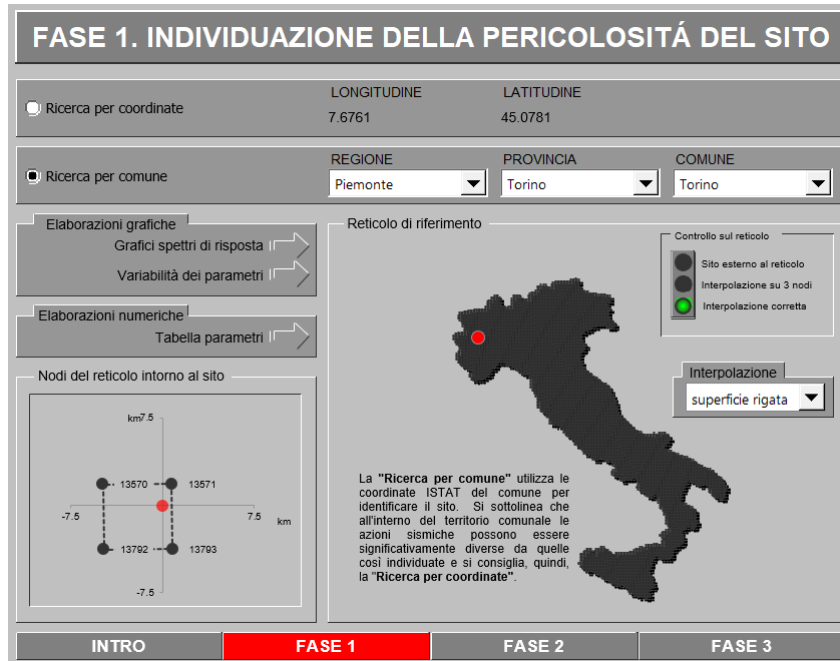


Figura 12. Individuazione del sito

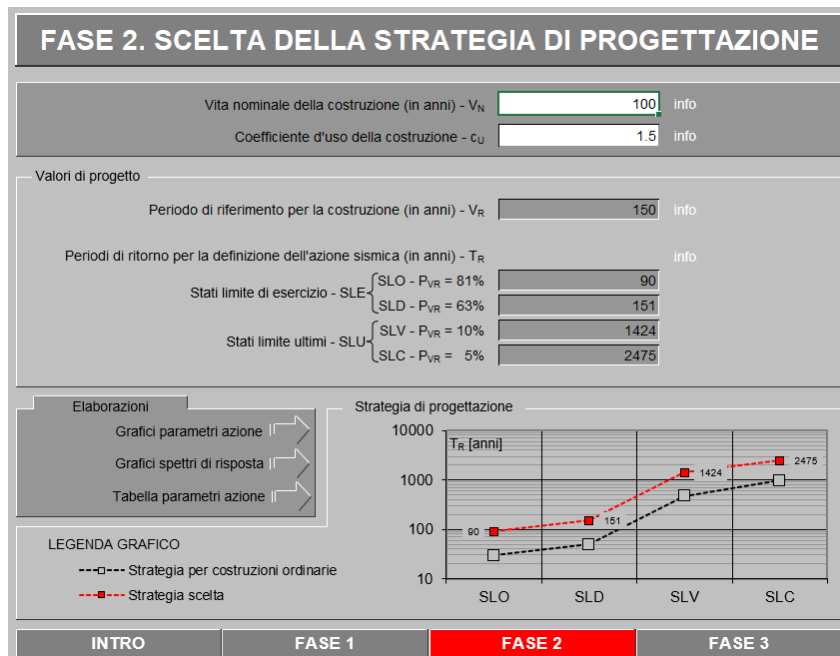


Figura 13. Individuazione dei parametri di progettazione



SLV

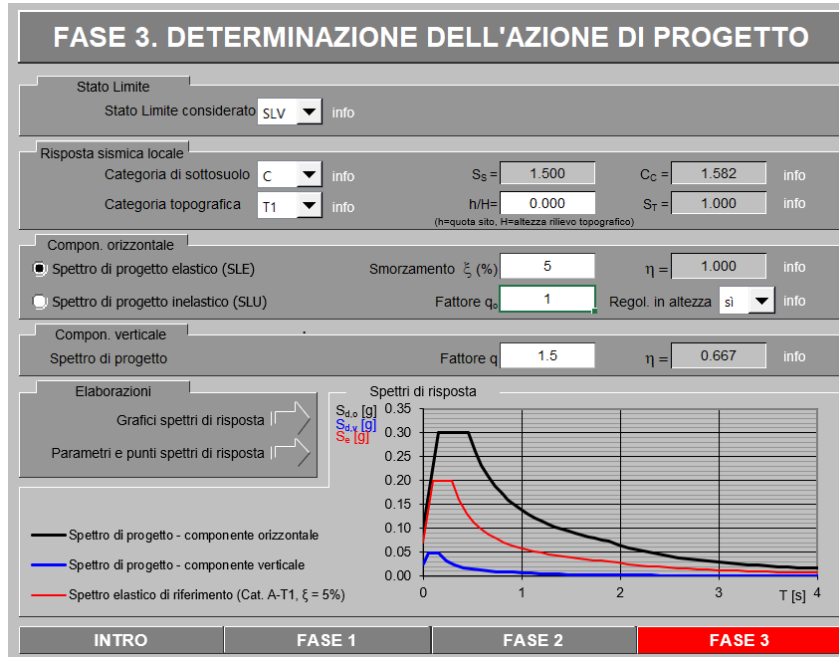


Figura 14. Spettro SLV

SLD

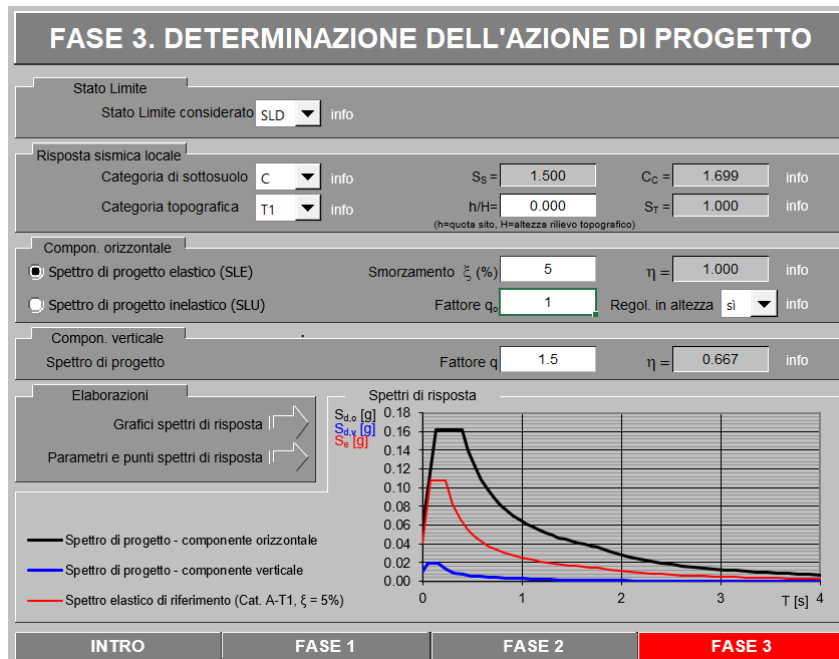


Figura 15. Spettro SLD



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

SLO

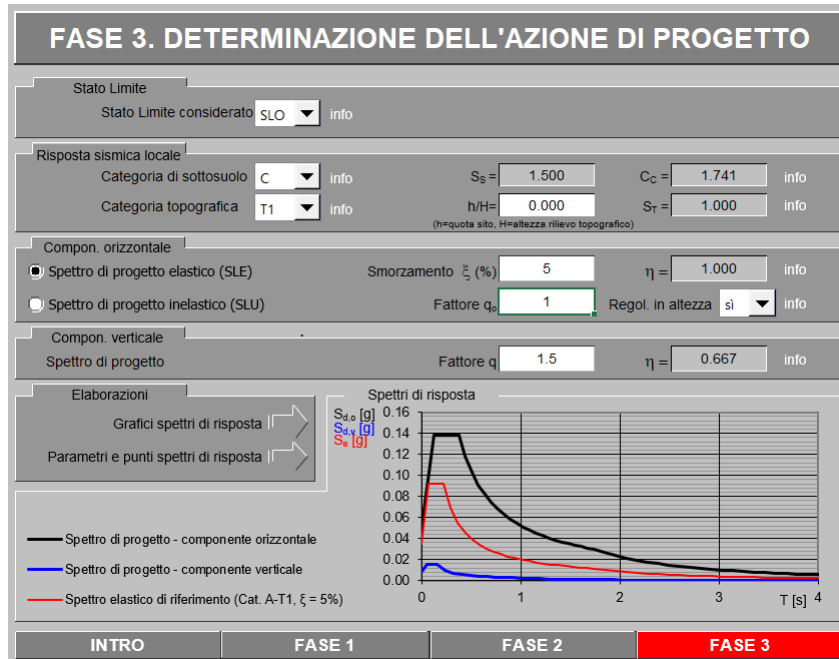


Figura 16. Spettro SLO

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

7.5.1 Spinta del terreno in fase sismica

Per la determinazione dell'incremento di spinta sismica da applicare sulle strutture interrato si utilizza la seguente espressione (Wood J.H., 1973):

$$\Delta P_d = \gamma \cdot k_h \cdot H^2$$

dove:

- ΔP_d è l'incremento di spinta del terreno dovuto al sisma;
- γ è la media pesata del peso di volume del terreno da p.c. a fondo scavo;
- k_h è il coefficiente sismico orizzontale;
- H è il dislivello tra la quota del piano campagna e la quota di fondo scavo.

Anche la sovraspinta generata del terreno in fase sismica è stata ripartita tra diaframma esterno e fodera in maniera proporzionale alle rigidità delle due strutture, agendo su quest'ultima per un'aliquota pari al 20%.

7.6 Azioni termiche

Dato che la temperatura non costituisce azione fondamentale per la sicurezza e/o per l'efficienza funzionale della struttura la componente ΔT_u agente sulla struttura è ricavata direttamente dalla tabella sottostante [Tab. 3.5.II. NTC 2018]

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25 \text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15 \text{ }^\circ\text{C}$

Figura 17. Azioni termiche su edifici

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

7.7 Modellazione delle azioni

In accordo con le sopra citate normative, sono state considerate nei calcoli le seguenti azioni:

- pesi propri elementi strutturali SW;
- carichi permanenti strutturali G_1
- carichi permanenti non strutturali G_2 ;
- carichi variabili Q;
- azione sismica E
- azioni termiche T.

Le diverse azioni agenti, classificate in casi di carico (CDC), sono combinate secondo le regole previste dalla normativa vigente.

Tabella 17. Casi di carico CDC

No.	Name	Type	Description
1	SW	Dead Load (D)	Self Weight
2	G1	Dead Load (D)	Permanenti strutturali
3	G2	Dead Load (D)	Permanenti NON strutturali
4	Qs	Live Load (L)	Neve
5	WX	Wind Load on Structure (W)	Vento X
6	WY+	Wind Load on Structure (W)	Vento Y+
7	DT	Temperature (T)	Azione termia
8	SLV_X_E+	Earthquake (E)	Sisma X ECC+
9	SLV_X_E-	Earthquake (E)	Sisma X ECC-
10	SLV_Y_E+	Earthquake (E)	Sisma Y ECC+
11	SLV_Y_E-	Earthquake (E)	Sisma Y ECC-
12	SLO_X_E+	Earthquake (E)	Sisma X ECC+
13	SLO_X_E-	Earthquake (E)	Sisma X ECC-
14	SLO_Y_E+	Earthquake (E)	Sisma Y ECC+
15	SLO_Y_E-	Earthquake (E)	Sisma Y ECC-

Le combinazioni previste sono destinate al controllo di sicurezza della struttura ed alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni:

Combinazione fondamentale SLU

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

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

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Combinazione frequente SLE

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

Combinazione quasi permanente SLE

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

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

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

Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite connessi alle azioni eccezionali

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

dove

NTC 2008 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,70	0,50	0,30
Categoria B - Uffici	0,70	0,50	0,30
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,70	0,70	0,60
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,70	0,70	0,60
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale ed uso industriale, Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,00	0,90	0,80
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso < 30 kN)	0,70	0,70	0,60
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,70	0,50	0,30
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,00	0,00	0,00
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti...)	caso		
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota <= 1000 m	0,50	0,20	0,00
Neve a quota > 1000 m	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00



Tabella 18. Coefficienti combinazioni di carico CMB

Name	Active	Type	SW	G1	G2	Qs	WX	SY+	DT	SLV_X_E+	SLV_X_E-	SLV_Y_E+	SLV_Y_E-	SLO_X_E+	SLO_X_E-	SLO_Y_E+	SLO_Y_E-
gLCB1	Active	Add	1.3	1.3	1.3	1.5			0.9								
gLCB2	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75			1.5								
gLCB3	Active	Add	1.3	1.3	1.3	1.5	0.9		0.9								
gLCB4	Active	Add	1.3	1.3	1.3	1.5		0.9	0.9								
gLCB5	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75	0.9		1.5								
gLCB6	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75		0.9	1.5								
gLCB7	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75	1.5		0.9								
gLCB8	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75		1.5	0.9								
gLCB9	Active	Add	1.3	1.3	1.3	1.5	-0.9		0.9								
gLCB10	Active	Add	1.3	1.3	1.3	1.5		-0.9	0.9								
gLCB11	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75	-0.9		1.5								
gLCB12	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75		-0.9	1.5								
gLCB13	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75	-1.5		0.9								
gLCB14	Active	Add	1.3	1.3	1.3	0.75		-1.5	0.9								
gLCB15	Active	Add	1	1	1					1		0.3					
gLCB16	Active	Add	1	1	1					1		-0.3					
gLCB17	Active	Add	1	1	1					1			0.3				
gLCB18	Active	Add	1	1	1					1			-0.3				
gLCB19	Active	Add	1	1	1						1	0.3					
gLCB20	Active	Add	1	1	1						1	-0.3					
gLCB21	Active	Add	1	1	1							1	0.3				
gLCB22	Active	Add	1	1	1							1	-0.3				
gLCB23	Active	Add	1	1	1					0.3			1				
gLCB24	Active	Add	1	1	1					-0.3			1				
gLCB25	Active	Add	1	1	1						0.3		1				
gLCB26	Active	Add	1	1	1						-0.3		1				
gLCB27	Active	Add	1	1	1					0.3				1			
gLCB28	Active	Add	1	1	1					-0.3				1			
gLCB29	Active	Add	1	1	1						0.3			1			
gLCB30	Active	Add	1	1	1						-0.3			1			
gLCB31	Active	Add	1	1	1					-1			-0.3				
gLCB32	Active	Add	1	1	1						-1		0.3				
gLCB33	Active	Add	1	1	1					-1				-0.3			
gLCB34	Active	Add	1	1	1					-1				0.3			
gLCB35	Active	Add	1	1	1						-1	-0.3					
gLCB36	Active	Add	1	1	1						-1	0.3					
gLCB37	Active	Add	1	1	1						-1		-0.3				
gLCB38	Active	Add	1	1	1						-1		0.3				
gLCB39	Active	Add	1	1	1					-0.3			-1				
gLCB40	Active	Add	1	1	1					0.3			-1				
gLCB41	Active	Add	1	1	1						-0.3	-1					
gLCB42	Active	Add	1	1	1						0.3	-1					
gLCB43	Active	Add	1	1	1					-0.3			-1				
gLCB44	Active	Add	1	1	1					0.3			-1				
gLCB45	Active	Add	1	1	1						-0.3		-1				
gLCB46	Active	Add	1	1	1						0.3		-1				
gLCB47	Active	Add	1	1	1									1		0.3	
gLCB48	Active	Add	1	1	1									1		-0.3	
gLCB49	Active	Add	1	1	1									1			0.3
gLCB50	Active	Add	1	1	1									1			-0.3
gLCB51	Active	Add	1	1	1										1	0.3	
gLCB52	Active	Add	1	1	1										1	-0.3	
gLCB53	Active	Add	1	1	1										1		0.3
gLCB54	Active	Add	1	1	1										1		-0.3
gLCB55	Active	Add	1	1	1								0.3			1	
gLCB56	Active	Add	1	1	1								-0.3			1	
gLCB57	Active	Add	1	1	1										0.3	1	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Name	Active	Type	SW	G1	G2	Qs	WX	SY+	DT	SLV_X_E+	SLV_X_E-	SLV_Y_E+	SLV_Y_E-	SLO_X_E+	SLO_X_E	SLO_Y_E+	SLO_Y_E
gLCB58	Active	Add	1	1	1										-0.3	1	
gLCB59	Active	Add	1	1	1									0.3			1
gLCB60	Active	Add	1	1	1									-0.3			1
gLCB61	Active	Add	1	1	1									0.3			1
gLCB62	Active	Add	1	1	1									-0.3			1
gLCB63	Active	Add	1	1	1									-1		-0.3	
gLCB64	Active	Add	1	1	1									-1		0.3	
gLCB65	Active	Add	1	1	1									-1			-0.3
gLCB66	Active	Add	1	1	1									-1			0.3
gLCB67	Active	Add	1	1	1									-1		-0.3	
gLCB68	Active	Add	1	1	1									-1		0.3	
gLCB69	Active	Add	1	1	1									-1			-0.3
gLCB70	Active	Add	1	1	1									-1			0.3
gLCB71	Active	Add	1	1	1									-0.3		-1	
gLCB72	Active	Add	1	1	1									0.3		-1	
gLCB73	Active	Add	1	1	1									-0.3		-1	
gLCB74	Active	Add	1	1	1									0.3		-1	
gLCB75	Active	Add	1	1	1									-0.3			-1
gLCB76	Active	Add	1	1	1									0.3			-1
gLCB77	Active	Add	1	1	1									-0.3			-1
gLCB78	Active	Add	1	1	1									0.3			-1
gLCB79	Active	Add	1	1	1	1			0.6								
gLCB80	Active	Add	1	1	1	0.5			1								
gLCB81	Active	Add	1	1	1	1	0.6		0.6								
gLCB82	Active	Add	1	1	1	1		0.6	0.6								
gLCB83	Active	Add	1	1	1	0.5	0.6		1								
gLCB84	Active	Add	1	1	1	0.5		0.6	1								
gLCB85	Active	Add	1	1	1	1	-0.6		0.6								
gLCB86	Active	Add	1	1	1	1		-0.6	0.6								
gLCB87	Active	Add	1	1	1	0.5	-0.6		1								
gLCB88	Active	Add	1	1	1	0.5		-0.6	1								
gLCB89	Active	Add	1	1	1	0.5	1		0.6								
gLCB90	Active	Add	1	1	1	0.5		1	0.6								
gLCB91	Active	Add	1	1	1	0.5	-1		0.6								
gLCB92	Active	Add	1	1	1	0.5		-1	0.6								
gLCB93	Active	Add	1	1	1	0.2											
gLCB94	Active	Add	1	1	1				0.5								
gLCB95	Active	Add	1	1	1		0.2										
gLCB96	Active	Add	1	1	1			0.2									
gLCB97	Active	Add	1	1	1		-0.2										
gLCB98	Active	Add	1	1	1			-0.2									
gLCB99	Active	Add	1	1	1												

Tabella 19. Tipologia combinazioni

ID	Name	Tipo	Sigla Id
1-14	gLCB1-gLCB14	SLU	Combinazione SLU
15-46	gLCB15-gLCB46	SLV	Combinazione SLU sismica
47-78	gLCB47-gLCB78	SLO	Combinazione SLE sismica
79-99	gLCB79-gLCB99	SLE	Combinazioni SLE (R, FQ, QP)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

7.8 Interazione terreno-struttura

Nel modello FEM l'interazione terreno-struttura è schematizzata secondo il modello di Winkler con una serie di molle elastiche indipendenti reagenti a sola compressione (compression-only) posizionate sia lungo la lunghezza del diaframma (rigidezza laterale) che alla base dello stesso (rigidezza alla punta).

La rigidezza assiale delle molle risulta proporzionale al modulo di reazione k_s del terreno che è considerato variabile linearmente con la profondità.

A favore di sicurezza, si sono considerati dei valori costanti per le diverse rigidezze, in particolare:

- Rigidezza laterale: 2.02 kg/cm^3 ;
- Rigidezza alla base: 6.96 kg/cm^3 .

Per la determinazione di k_w si fa riferimento al metodo di **Randolph e Wroth (1978)**, il quale considera il palo immerso in un mezzo elastico, ed esamina separatamente l'interazione con tale mezzo della superficie laterale e della base del palo, le due soluzioni vengono poi sovrapposte.

Nel metodo si calcola quindi $k_w = k_s + k_b$

dove:

- k_s rappresenta la rigidezza della molla laterale
- k_b la rigidezza della molla alla base del palo.

$$k_s = 2 \cdot \pi \cdot L \cdot G_m / \zeta$$

$$k_b = 4 \cdot r_b \cdot G_b / (1 - \nu)$$

I parametri utilizzati dal modello sono:

$r_0 = D/2$ rappresenta il raggio del palo

L è la lunghezza del palo

ζ è un coefficiente che tiene conto dell'ampiezza r_m del campo deformativo che si sviluppa intorno al palo di raggio r_0

$\xi = G_L / G_b$ è il rapporto tra i moduli di taglio alla profondità $z = L$, per pali poggianti su di uno strato di elevata rigidezza

$\rho = G_m / G_L$ è il fattore di non omogeneità del terreno laterale, per pali immersi in un terreno con rigidezza variabile



G_m rappresenta il valore medio del modulo di elasticità trasversale fra la superficie e la profondità L

G_L il valore medio del modulo di elasticità trasversale alla profondità L .

r_b il raggio alla base

G_b il modulo di elasticità trasversale del materiale al di sotto della base del palo

Tabella 20. Rigidezze diaframmi perimetrali

Terreno	E (MPa)	v (-)	G (MPa)	Gm (MPa)
laterale	140	0.3	60.87	30.43
base	140	0.3	60.87	

L (m)	20	lunghezza fondazione profonda
D (m)	0.8	diámetro fondazione
s (m)	2.5	larghezza diaframma
ρ (-)	0.5	fattore di non omogeneità del terreno laterale
rm	17.5	distanza di estinzione
ξ (-)	1	
ζ (-)	3.78	
k_s (MN/m)	1012.19	
k_b (MN/m)	139.13	

k_s (kN/m3)	20243.78	kN/m3	rigidezza laterale
k_b (kN/m3)	69565.22	kN/m3	rigidezza alla base

2.02	kg/cm3
6.96	kg/cm3

Tabella 21. Rigidezze diaframmi interni

Terreno	E (MPa)	v (-)	G (MPa)	Gm (MPa)
laterale	90	0.3	39.13	25.00
base	140	0.3	60.87	

L (m)	18.8	lunghezza fondazione profonda
D (m)	1	diámetro fondazione
s (m)	2.8	larghezza diaframma
ρ (-)	0.64	fattore di non omogeneità del terreno laterale
rm	15.19	distanza di estinzione
ξ (-)	0.64	
ζ (-)	3.41	
k_s (MN/m)	865.03	
k_b (MN/m)	173.91	

k_s (kN/m3)	16433.00	kN/m3	rigidezza laterale
k_b (kN/m3)	62111.8	kN/m3	rigidezza alla base

1.64	kN/m3
6.21	kN/m3



Tabella 22. Rigidezza platea di fondazione

E_s	140 MPa		
ν	0.3		
E'_s	0.007 MPa^{-1}		
I1	0.74	Tabella 5.2 Bowles	
I2	0.059	Tabella 5.2 Bowles	
I _s	0.773714		
IF	0.8		
B'	5.1 m	(distanza tra diaframma esterno e interno)	
ks	48735.5 kN/m ³	4.87 kg/cm ³	(Bowles pg 440)



8. SOVRASTRUTTURA – ZONA VIAGGIATORI

8.1 Modellazione della struttura

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello FEM realizzato

Tabella 23. Caratteristiche modello FEM sovrastruttura zona viaggiatori

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	205
elementi D2	169
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	0
elementi Wall	0
elementi solaio	0
elementi solidi	0
Elementi di tipo TRUSS	NO
Elementi di tipo BEAM	SI
Elementi di tipo PLATE	NO
Elementi di tipo WALL	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO
Comportamento strutturale	
Classe di duttilità A	NO
Classe di duttilità B	NO
NON dissipativo	SI
Tipologia	a telaio nelle due direzioni

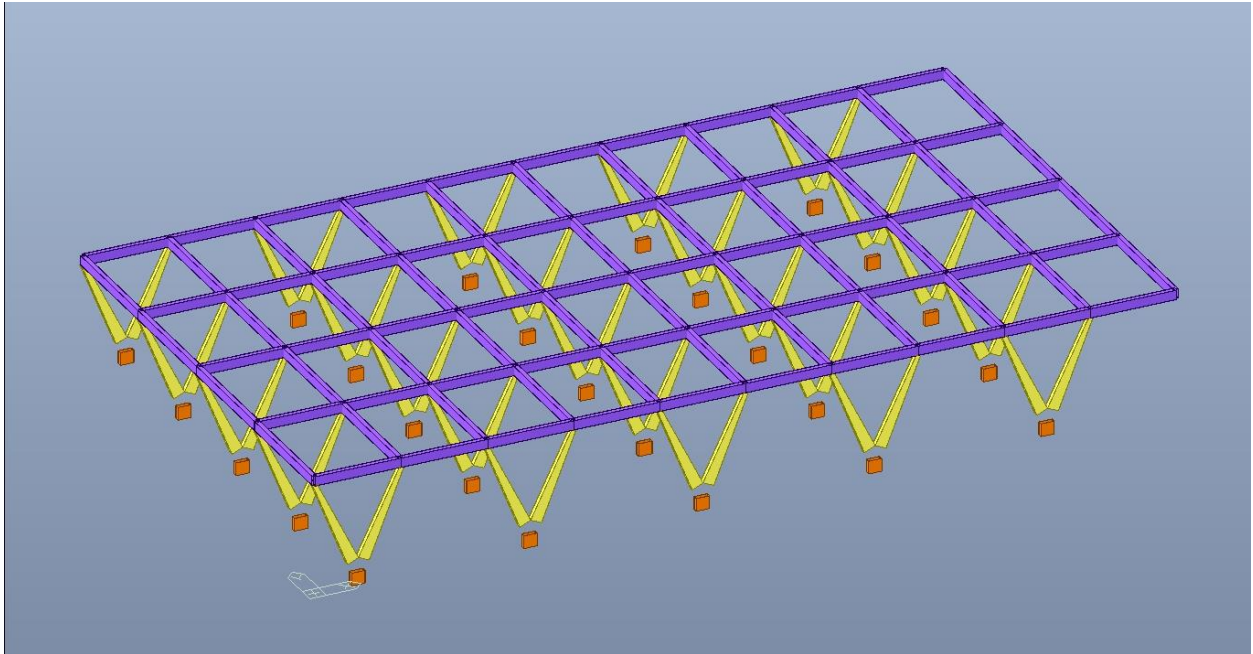


Figura 18. Sovrastruttura zona viaggiatori – Modello FEM Vista 1

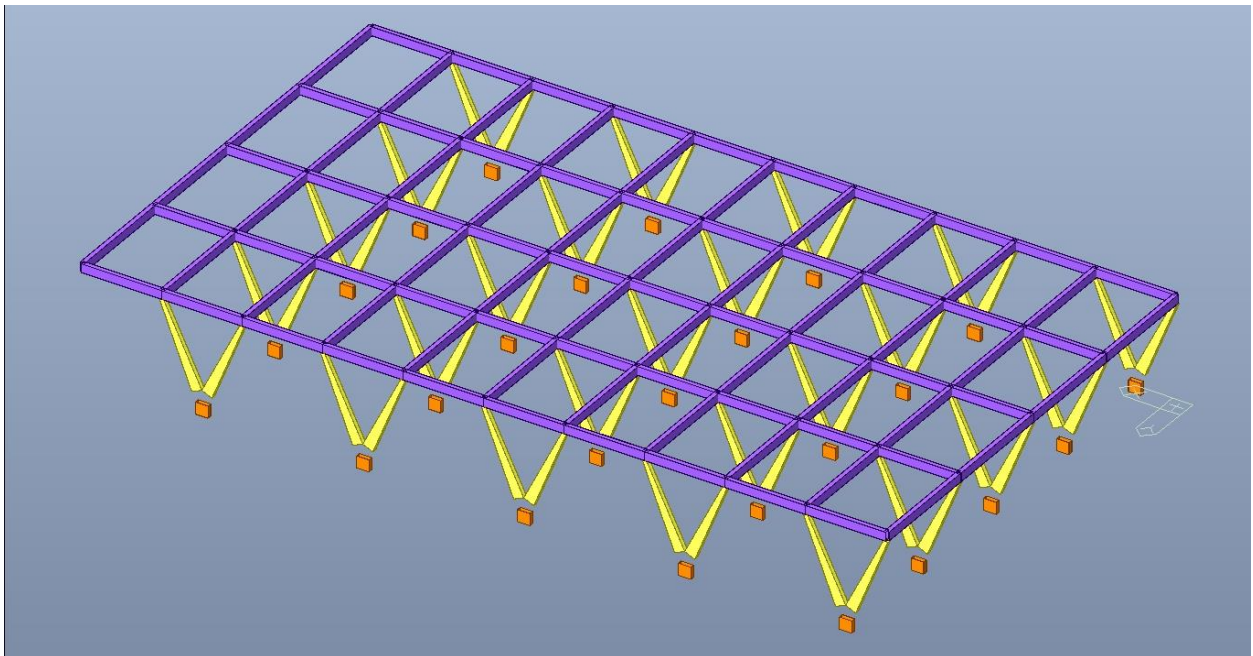


Figura 19. Sovrastruttura zona viaggiatori – Modello FEM Vista 2

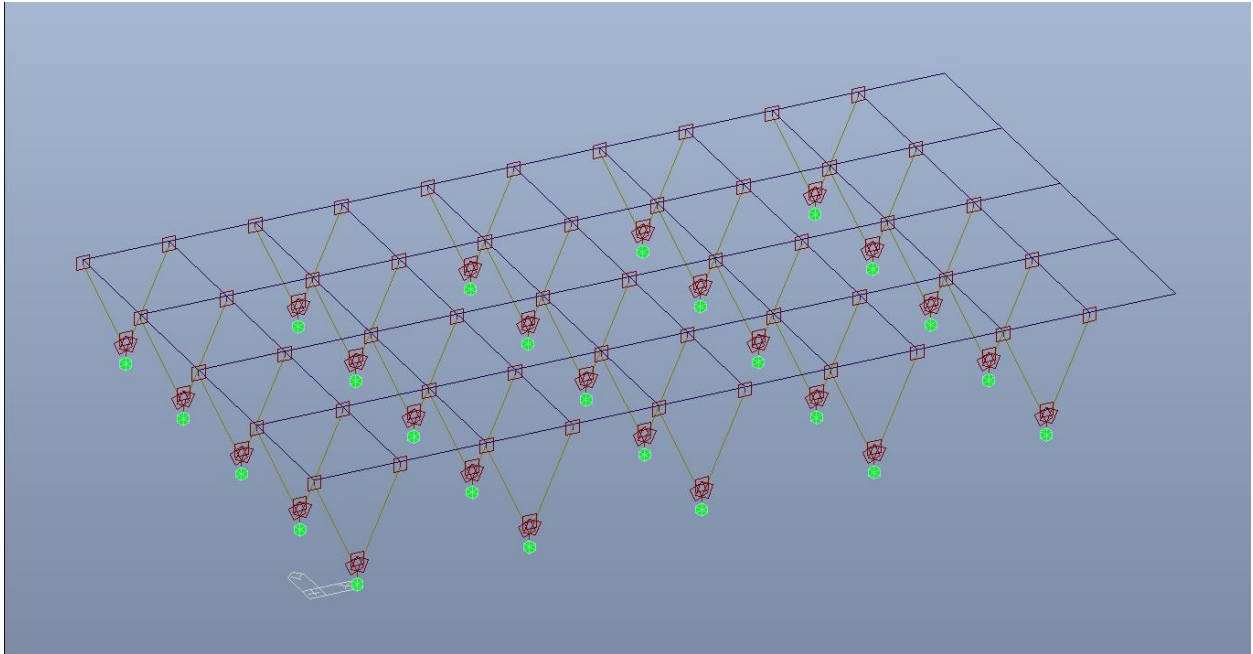


Figura 20. Sovrastruttura zona viaggiatori – Schema statico Vista 1

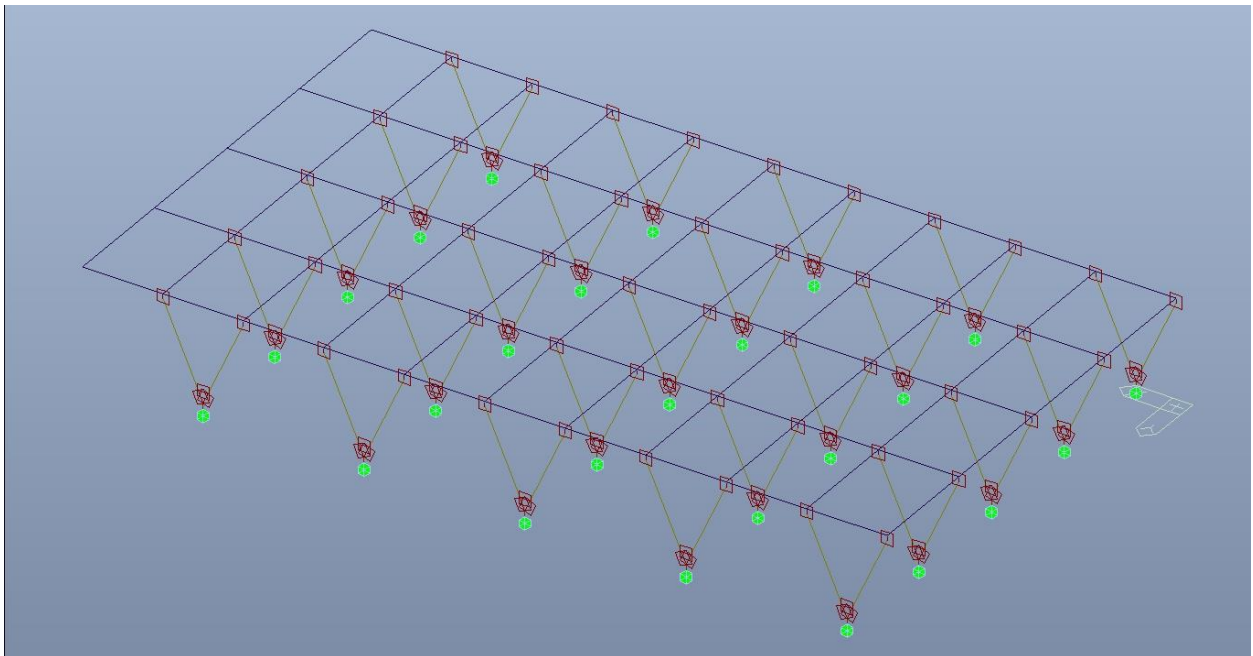


Figura 21. Sovrastruttura zona viaggiatori – Schema statico Vista 2



Vincoli:

- Incastri perfetti ai piedi dei pilastri;
- Incastro perfetto nodo trave-pilastro;
- Incastro perfetto nodo trave-trave.

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche delle sezioni degli elementi strutturali.

Tabella 24. Caratteristiche sezioni modello FEM

ID	Type	shape	Name	Area [mm ²]	Asy [mm ²]	Asz [mm ²]	Ixx [mm ⁴]	Iyy [mm ⁴]	Izz [mm ⁴]
1	DB/User	B	TR_250x500x10	14600	5000	10000	378897534	484486666	164361666
2	Tapered	B	PIL_V	17020	12420	5000	505365207	199229833	828495918
3	DB/User	B	PIL_BASE	18600	14000	5000	589749677	221995000	1119220000

8.2 Modellazione delle azioni

Di seguito si riportano i carichi applicati sul modello FEM realizzato.

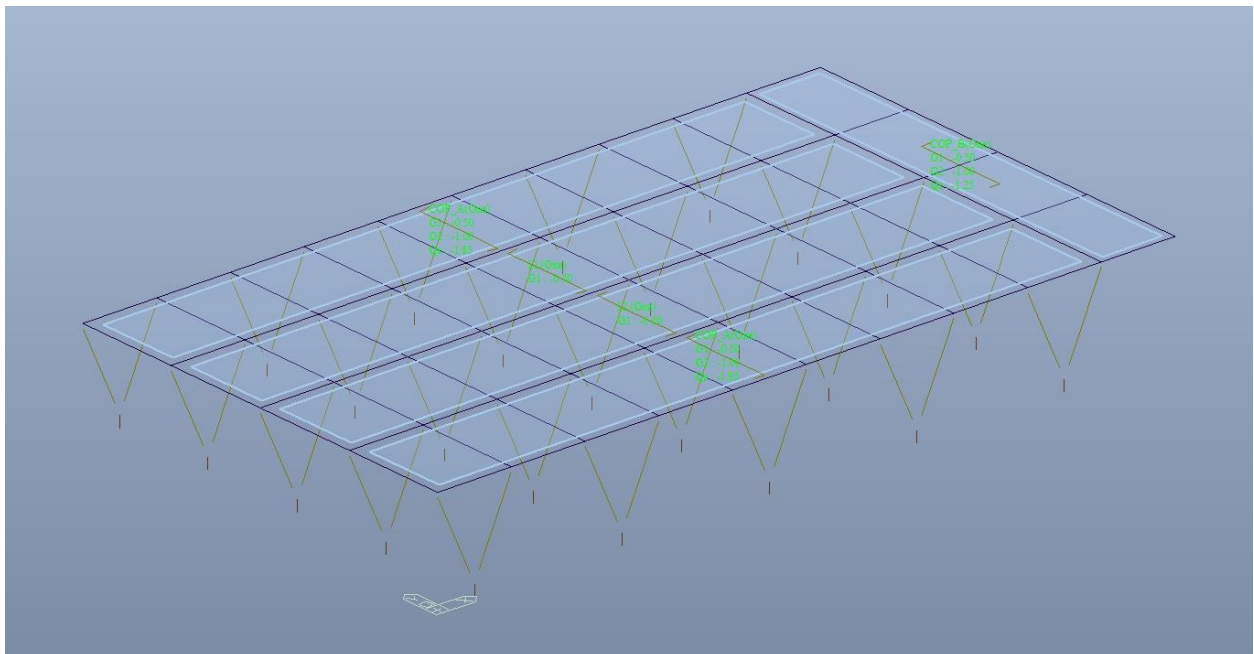


Figura 22. Sovrastruttura zona viaggiatori – Carichi di piano G₁-G₂-Q

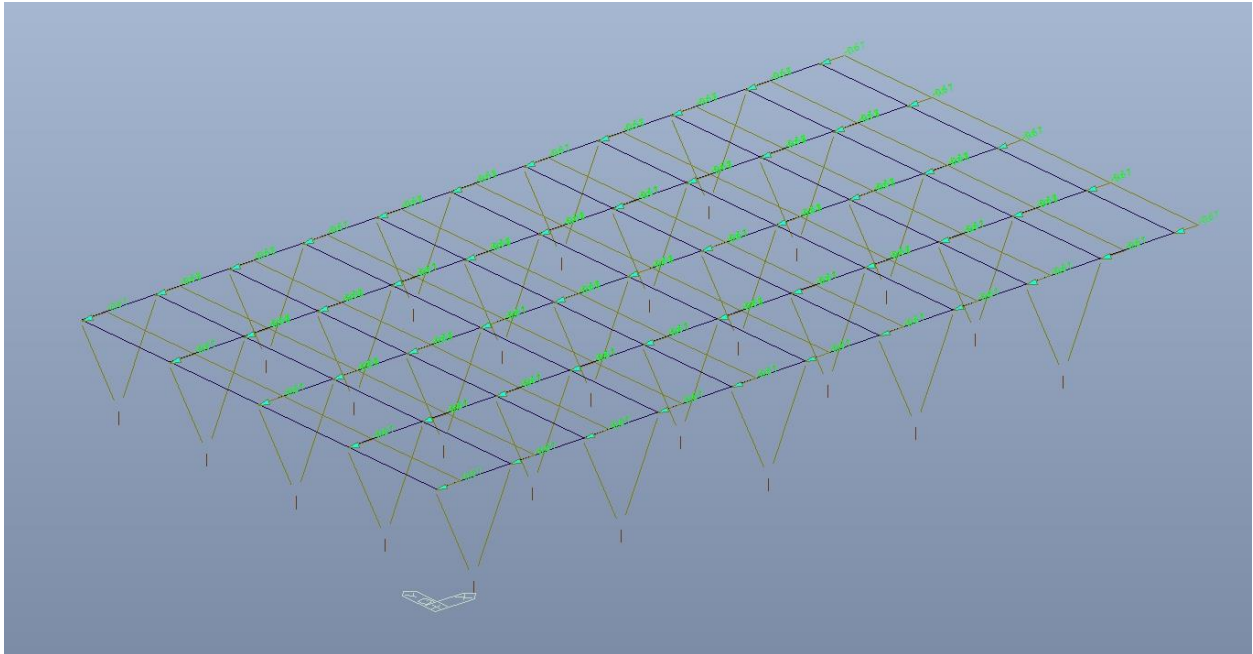


Figura 23. Sovrastruttura zona viaggiatori – Vento in direzione X-

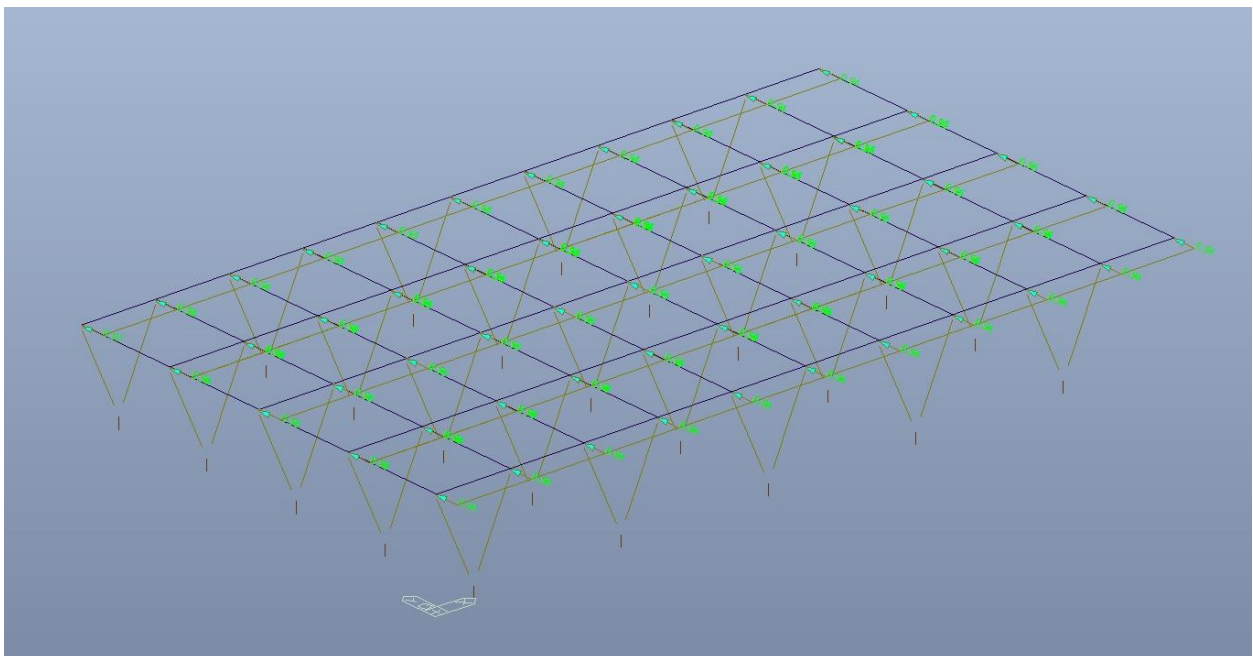


Figura 24. Sovrastruttura zona viaggiatori – Vento in direzione Y+

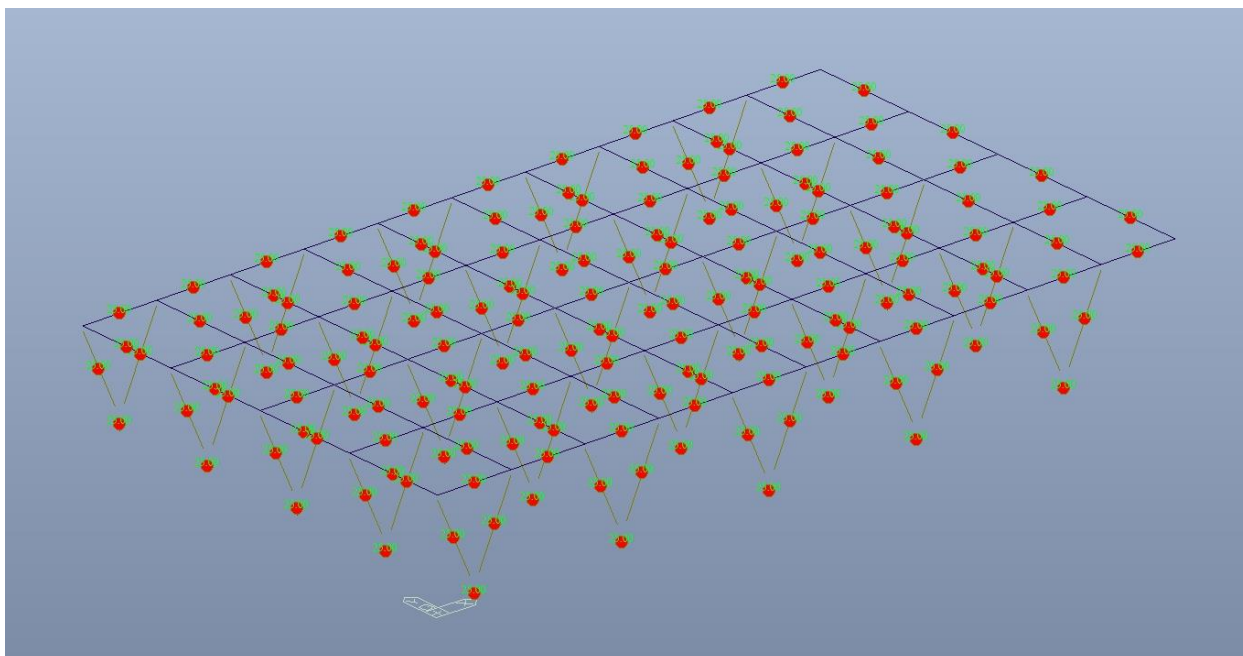


Figura 25. Sovrastruttura zona viaggiatori – Azione termica

8.3 Verifica di rigidezza – SLO

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali di classe d'uso III tale condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano, ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SLO, sono inferiori ai 2/3 dei limiti indicati al Par. 7.3.6.1, in tale caso pari a 0.005 (tamponature collegate rigidamente alla struttura).

$$qd_r \leq 0.0050 \cdot h$$

dove:

- q è il fattore di struttura per il relativo Stato;
- d_r è il massimo spostamento relativo;
- h è l'altezza di interpiano.
- Le immagini seguenti riportano i massimi/minimi spostamenti XY.

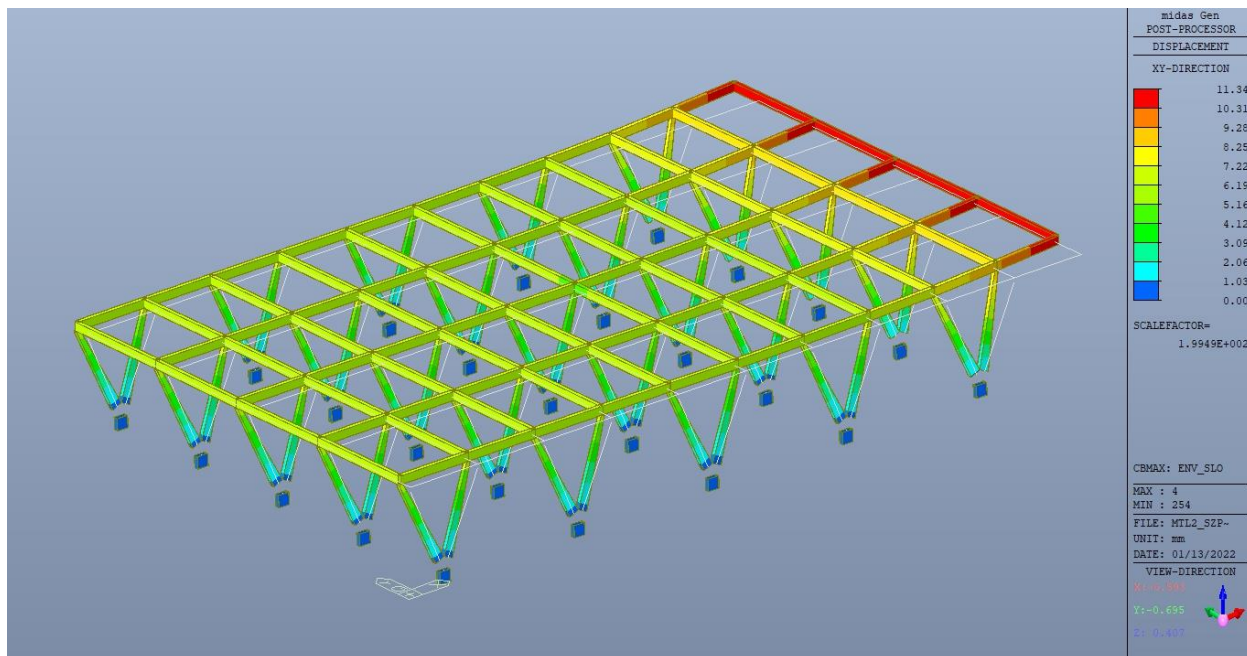


Figura 26. Sovrastruttura zona viaggiatori – Massimo spostamento XY SLO

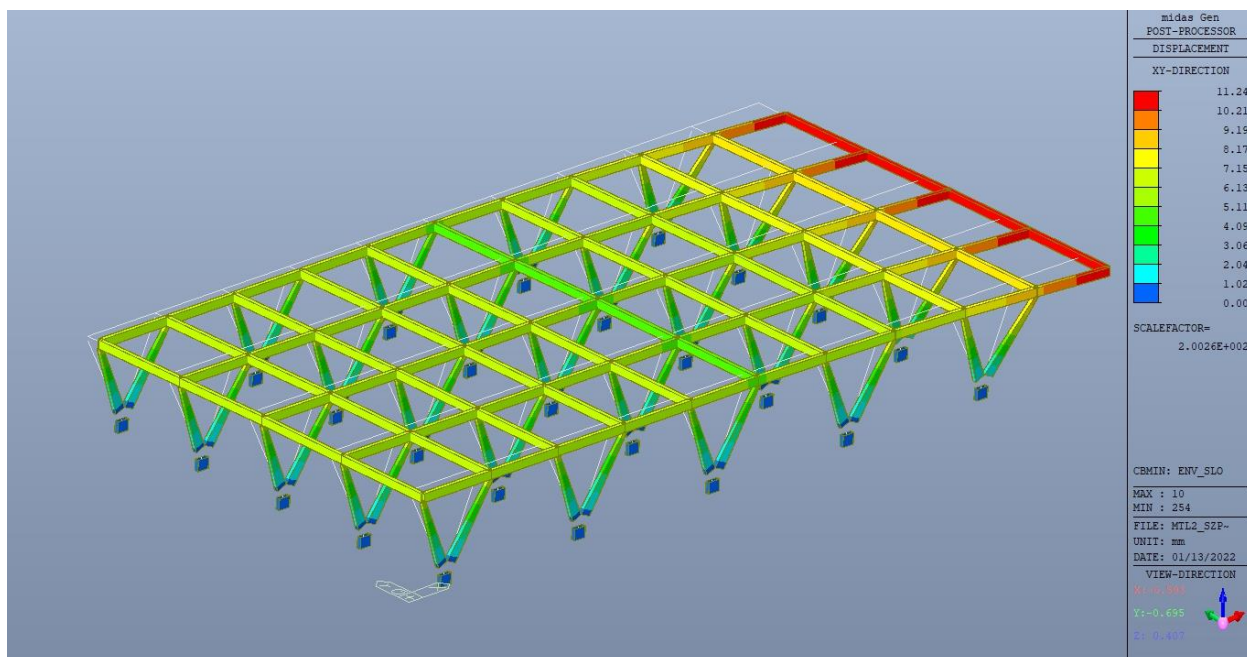


Figura 27. Sovrastruttura zona viaggiatori – Minimo spostamento XY SLO

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

In questo caso:

$$q = 1;$$

$$d_{r,max/min} = 11.24 \text{ mm}$$

$$h = 5950 \text{ mm}$$

$$1 \cdot 11.24 \leq \frac{2}{3} \cdot 0.0050 \cdot 5950 = 19.83$$

La verifica è soddisfatta.

8.4 Verifica di resistenza – SLD

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda allo SLD.

Essendo una struttura a comportamento **NON DISSIPATIVO**, il fattore di struttura q_{SLV} e q_{SLD} coincidono e sono entrambi pari a 1; inoltre la capacità delle membrane è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico.

In questo caso, come riportato nelle figure n.11 e n.12, essendo lo spettro SLD sempre inferiore allo spettro SLV, si può ritenere tale verifica non significativa e di conseguenza automaticamente soddisfatta.

8.5 Verifica di resistenza – SLU/SLV

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda sia allo SLV che allo SLU.

Essendo una struttura a comportamento **NON DISSIPATIVO** la capacità delle membrane è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

8.5.1 Sollecitazioni

A seguire si riportano gli involuppi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV.

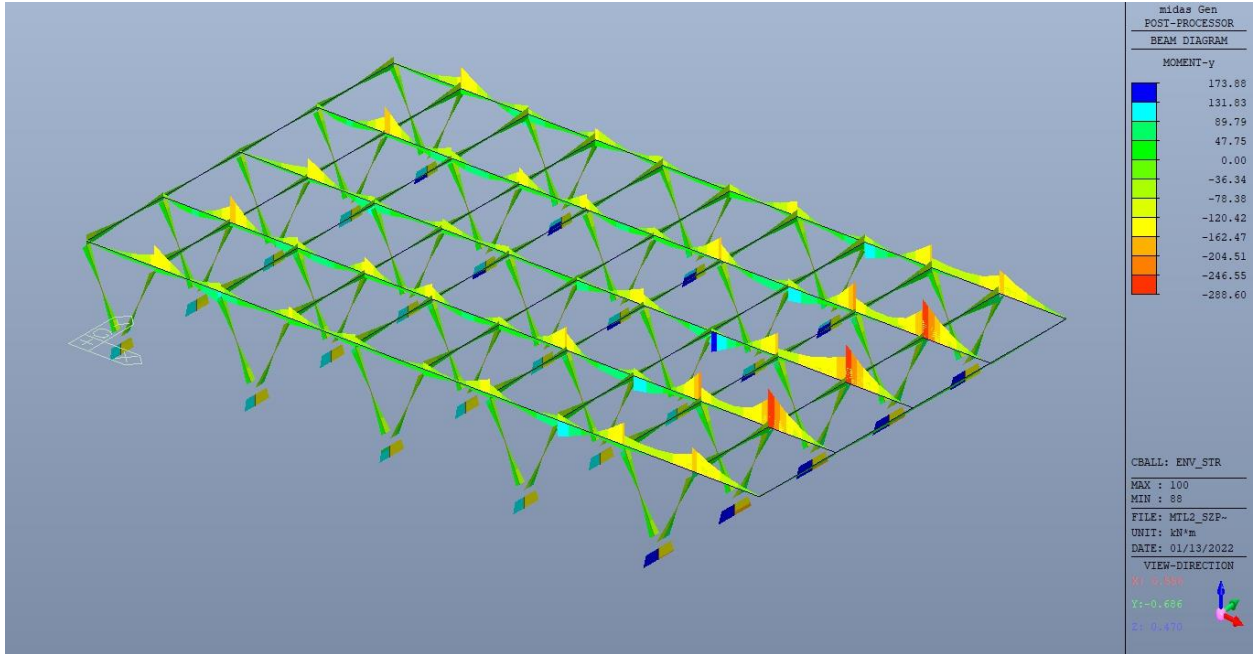


Figura 28. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo momento flettente M_y

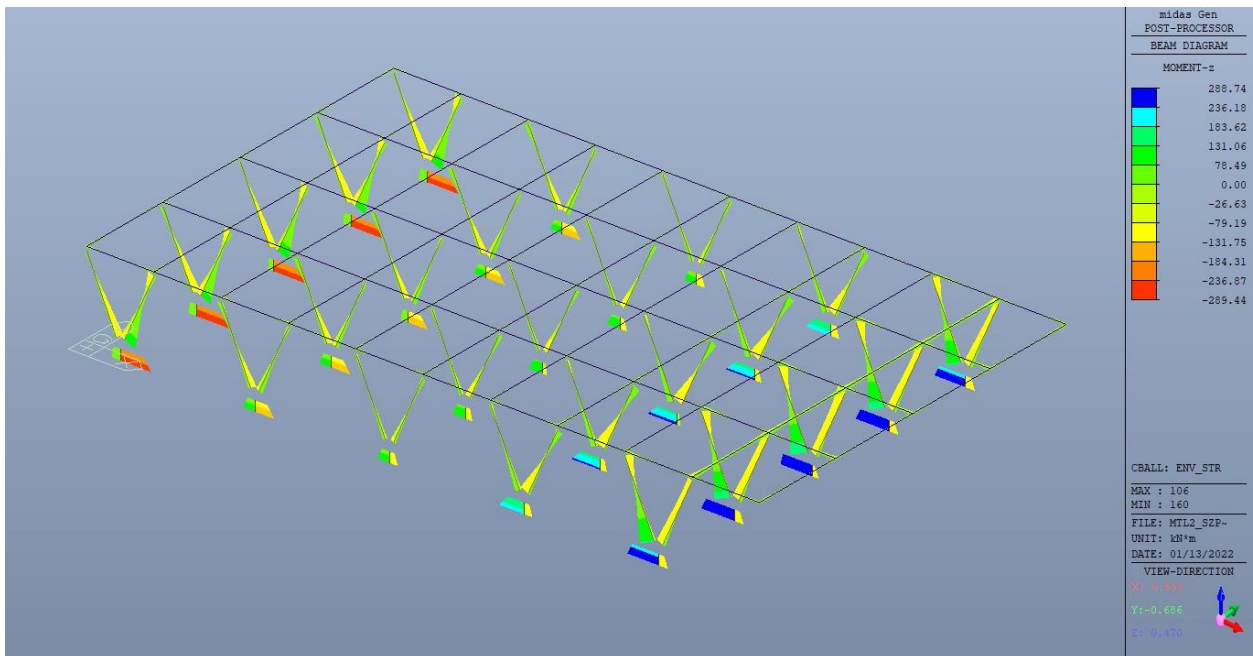


Figura 29. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo momento flettente M_z

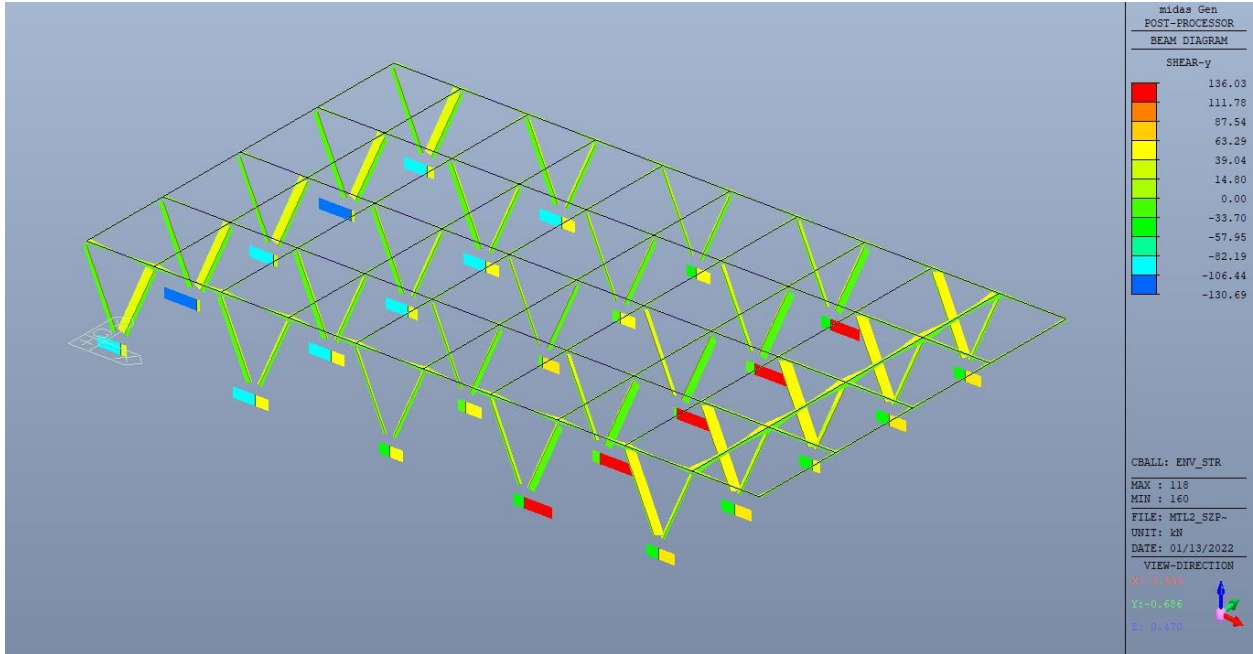


Figura 30. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo taglio V_y

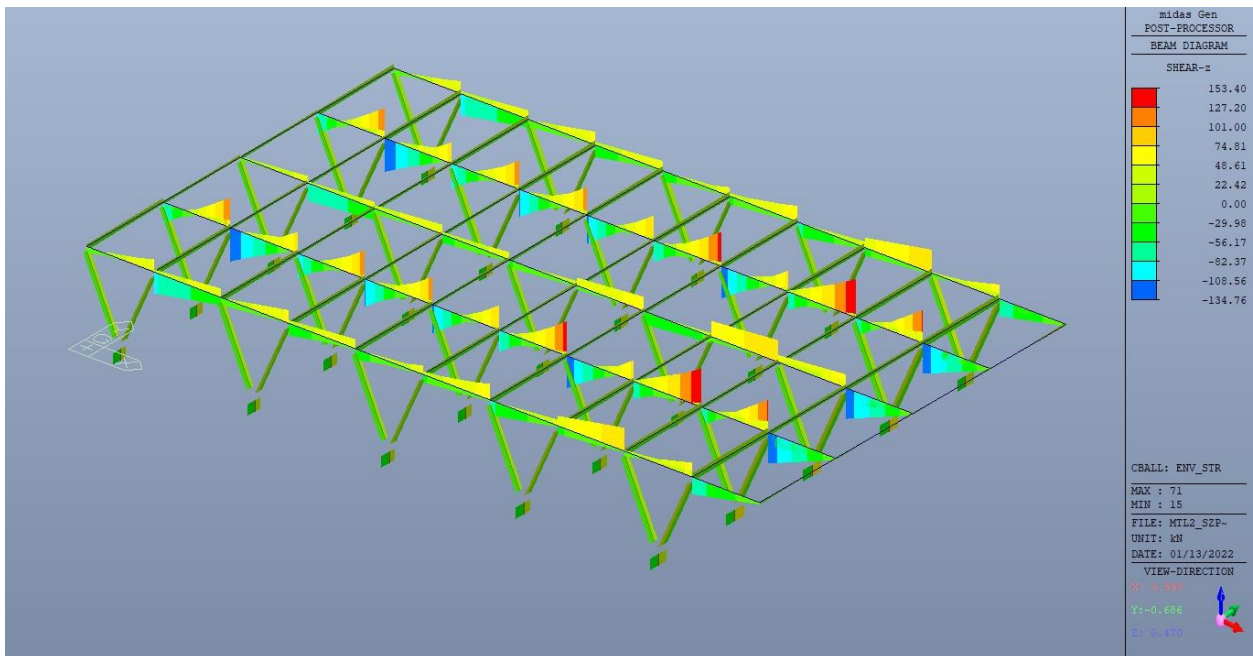


Figura 31. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo taglio V_z

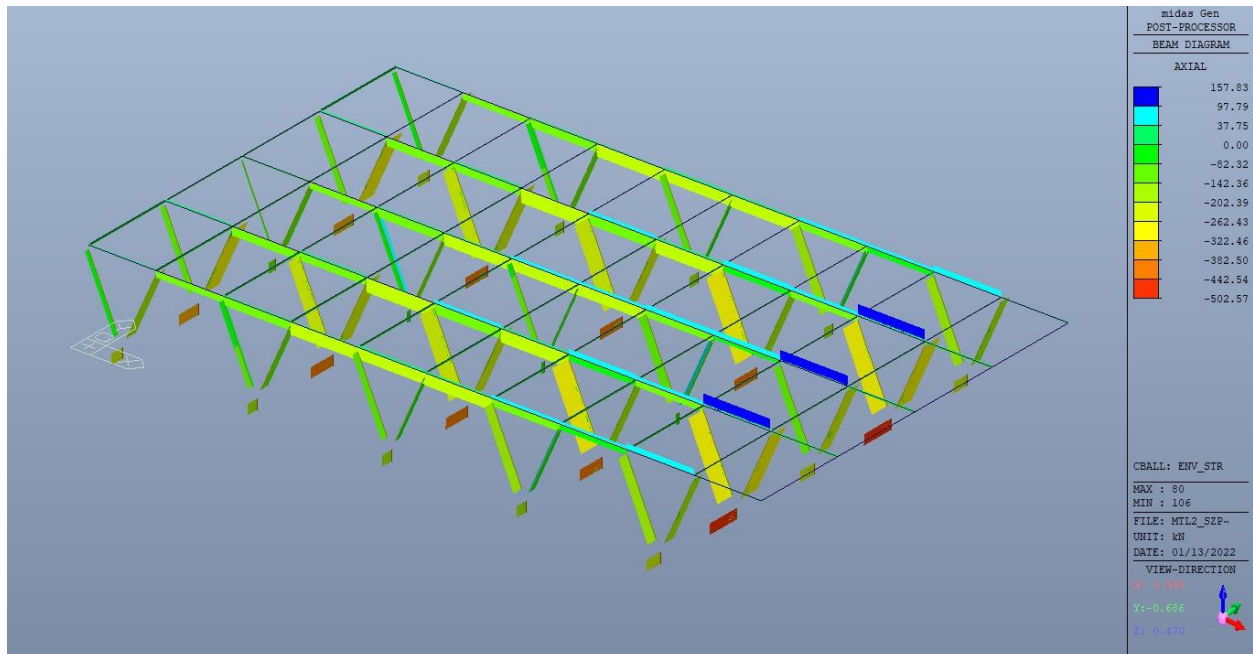


Figura 32. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo azione assiale N

8.5.2 Verifica elementi in carpenteria metallica

Trattandosi di struttura a comportamento non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al par. 4.2 delle citate norme, senza nessun requisito aggiuntivo, il quale calcola i valori di resistenza sulla base della classificazione della sezione (classe 1-2-3-4) [par. 4.2.3.1].

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

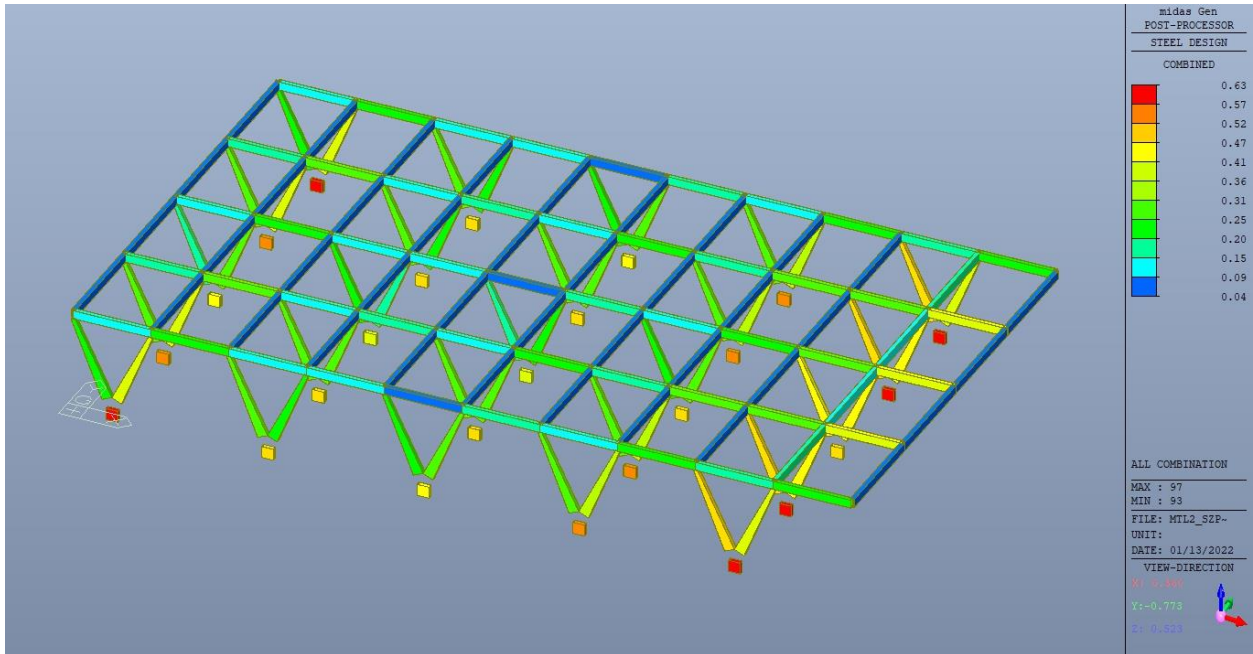


Figura 33. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tasso di lavoro

Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , mm Primary Sorting Option

Sorted by Member Property Change... Update...

SECT MEMB

CHK	MEMB	SECT	SE	Section		LCB	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def	
				Material	Fy													
OK	89	1	0.384	0.063	TR_250x500x10	10	4500.00	4500.00	1.000	1.000	-0.8849	-287275	-287275	-12867	-8.8131	-122.78	-	1.73542
					S355	0.35500	4500.00	4500.00	1.000	1.000	4936.19	0.00000	803652	495141	975.997	1951.99	-	18.0000
OK	98	2	0.498	0.055	PIL_V	12	4817.83	4817.83	1.000	0.850	-225.82	39454.1	39454.1	-74779	44.3332	-15.848	-	10.2367
					S355	0.35500	4817.83	4817.83	1.000	0.850	3124.00	0.00000	277678	263620	905.725	975.997	-	16.0594
OK	97	3	0.626	0.049	PIL_BASE	12	669.000	669.000	2.315	0.850	-239.44	-133616	-133616	242140	54.5475	-38.760	-	0.54540
					S355	0.35500	669.000	669.000	2.315	0.850	5318.37	0.00000	398444	1081151	2322.14	975.997	-	2.23000

Connect Model View View Result Ratio... Result View Option

Select All Unselect All Re-calculation <<

All OK NG

Graphic... Detail... Summary... Close Summary by LCB... Copy Table

Figura 34. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tabella riassuntiva verifiche

Di seguito si riportano le verifiche per esteso delle differenti tipologie strutturali, e la verifica dettagliata Step-by-Step (listato) dell'elemento più sollecitato.



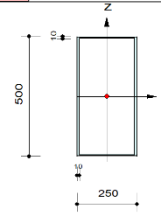
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SZP_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, mm
 Member No 89
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 0.35500, Es = 210.000)
 Section Name TR_250x500x10 (No:1)
 (Built-up Section).
 Member Length : 4500.00



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -0.8849 (LCB: 10, POS:I)
 Bending Moments My = -287275, Mz = -12866
 End Moments Myi = -287275, Myj = 5015.64 (for Lb)
 Myi = -287275, Myj = 5015.64 (for Ly)
 Mzi = -12866, Mzj = 9467.43 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = -14.091 (LCB: 14, POS:I)
 Fzz = -122.86 (LCB: 3, POS:I)

Depth	500.000	Web Thick	10.0000
Flg Width	250.000	Top F Thick	10.0000
Web Center	240.000	Bot.F Thick	10.0000
Area	14600.0	Asz	10000.0
Qyb	59425.0	Qzb	36612.5
Iyy	484486667	Izz	164361667
Ybar	125.000	Zbar	250.000
Wely	1937947	Welz	1314893
ry	182.165	rz	106.102

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4500.00, Lz = 4500.00, Lb = 4500.00
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 60.1 < 200.0$ (Memb:7, LCB: 17)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 0.88/4936.19 = 0.000 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 287275/ 803652 = 0.357 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 12866/ 495140 = 0.026 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/Mny_{Rd}, M_{Edz}/Mnz_{Rd}]$
 $R_{BiM} = (M_{Edy}/Mny_{Rd})^{Alpha} + (M_{Edz}/Mnz_{Rd})^{Beta}$
 $R_{byN} = N_{Ed}/(A*fy/Gamma_{M0}), R_{byM} = M_{Edy}/My_{Rd} + M_{Edz}/Mz_{Rd}$
 $Rc.LT1 = N_{Ed}/(Xiy*A*fy/Gamma_{M1})$
 $Rb.LT1 = (kyy*M_{Edy})/(X_{iLT}*Wply*fy/Gamma_{M1}) + (kyz*M_{Edz})/(Wplz*fy/Gamma_{M1})$
 $Rc.LT2 = N_{Ed}/(Xiz*A*fy/Gamma_{M1})$
 $Rb.LT2 = (Kzy*M_{Edy})/(X_{iLT}*Wply*fy/Gamma_{M1}) + (Kzz*M_{Edz})/(Wplz*fy/Gamma_{M1})$
 $Rmax = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN}+R_{byM}), MAX(Rc.LT1+Rb.LT1, Rc.LT2+Rb.LT2)] = 0.384 < 1.000$.. O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/Vy_{Rd} = 0.014 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/Vz_{Rd} = 0.063 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/250.0 = 18.0000 > 1.7354$ (Memb:79, LCB: 85, POS:2500.0mm, Dir-Z)..... O.K

Figura 35. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica trave



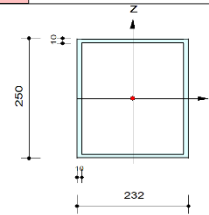
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SZP_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, mm
 Member No 98
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 0.35500, Es = 210.000)
 Section Name PIL_V (No:2)
 Position I BB 250x621x10/10 (Tapered Section)
 Position J : BB 250x232x10/10
 Member Length : 4817.83



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -225.82 (LCB: 12, POS:J)
 Bending Moments My = 39454.1, Mz = -74779
 End Moments Myi = -36897, Myj = 39454.1 (for Lb)
 Myi = -36897, Myj = 39454.1 (for Ly)
 Mzi = 133200, Mzj = -74779 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 49.5744 (LCB: 11, POS:J)
 Fzz = 21.9496 (LCB: 26, POS:1/2)

Depth	250.000	Web Thick	10.0000
Flg Width	232.000	Top F Thick	10.0000
Web Center	222.000	Bot.F Thick	10.0000
Area	9240.00	Asz	5000.00
Qyb	20532.5	Qzb	19493.0
Iyy	87133000	Izz	77526880
Ybar	116.000	Zbar	125.000
Wely	697064	Welz	668335
ry	97.1081	rz	91.5989

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4817.83, Lz = 4817.83, Lb = 4817.83
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 52.6 < 200.0$ (Memb:98, LCB: 12) O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 225.82/3124.00 = 0.072 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 39454/277678 = 0.142 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 74779/263620 = 0.284 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{ny_{Rd}}, M_{Edz}/M_{nz_{Rd}}]$
 $R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{ny_{Rd}})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{nz_{Rd}})^{\beta}$
 $R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y_{Rd}} + M_{Edz}/M_{z_{Rd}}$
 $R_{c.LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{b.LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i.LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{c.LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{b.LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i.LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{c.LT1} + R_{b.LT1}, R_{c.LT2} + R_{b.LT2})] = 0.498 < 1.000$.. O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y_{Rd}} = 0.055 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z_{Rd}} = 0.022 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 16.0594 > 10.2367$ (Memb:96, LCB: 92, Dir:Y) O.K
 Modeling, Integrated Design & Analysis Software
 http://www.MidasUser.com
 Gen 2021
 Print Date/Time : 01/13/2022 10:34

Figura 36. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica pilastro sez. variabile



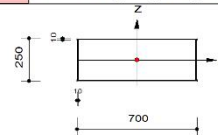
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SZP_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, mm
 Member No 97
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 0.35500, Es = 210.000)
 Section Name PIL_BASE (No:3)
 (Built-up Section).
 Member Length : 669.000



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -239.44 (LCB: 12, POS:1)
 Bending Moments My = -133616, Mz = 242139
 End Moments Myi = -133616, Myj = -107685 (for Lb)
 Myi = -133616, Myj = -107685 (for Ly)
 Mzi = 242139, Mzj = 205647 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 63.7306 (LCB: 11, POS:1)
 Fzz = -47.717 (LCB: 42, POS:1/2)

Depth	250.000	Web Thick	10.0000
Flg Width	700.000	Top F Thick	10.0000
Web Center	690.000	Bot.F Thick	10.0000
Area	18600.0	Asz	5000.00
Qyb	48612.5	Qzb	100925
Iyy	221995000	Izz	1119220000
Ybar	350.000	Zbar	125.000
Wely	1775960	Welz	3197771
ry	109.248	rz	245.302

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 669.000, Lz = 669.000, Lb = 669.000
 Effective Length Factors Ky = 2.31, Kz = 2.31
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 14.2 < 200.0$ (Memb:97, LCB: 12)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 239.44/5318.37 = 0.045 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 133616/398444 = 0.335 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 242139/1081151 = 0.224 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{byN} = N_{Ed}/(A_{eff}f_y/\Gamma_{M0})$, $R_{byM} = (M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/M_{z,Rd}$
 $R_{c.LT1} = N_{Ed}/(X_{iy}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b.LT1} = k_{yy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i.LT1}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{yz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{c.LT2} = N_{Ed}/(X_{iz}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b.LT2} = k_{zy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i.LT2}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{zz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{max} = MAX[R_{byN}+R_{byM}, MAX(R_{c.LT1}+R_{b.LT1}, R_{c.LT2}+R_{b.LT2})] = 0.626 < 1.000$... O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.027 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.049 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 2.2300 > 0.5454$ (Memb:97, LCB: 92, Dir-Y)..... O.K

Figura 37. Sovrastruttura zona viaggiatori – Verifica base pilastro



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

13	1		SW(1.300) +	G1(1.300) +	G2(1.300)
		+	Qs(0.750) +	WX(-1.500) +	DT(0.900)
14	1		SW(1.300) +	G1(1.300) +	G2(1.300)
		+	Qs(0.750) +	WY+(-1.500) +	DT(0.900)
15	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(1.000) +	SLV_Y_E+(0.300)	
16	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(1.000) +	SLV_Y_E+(-0.300)	
17	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(1.000) +	SLV_Y_E-(0.300)	
18	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(1.000) +	SLV_Y_E-(-0.300)	
19	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(1.000) +	SLV_Y_E+(0.300)	
20	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(1.000) +	SLV_Y_E+(-0.300)	
21	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(1.000) +	SLV_Y_E-(0.300)	
22	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(1.000) +	SLV_Y_E-(-0.300)	
23	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(0.300) +	SLV_Y_E+(1.000)	
24	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-0.300) +	SLV_Y_E+(1.000)	
25	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(0.300) +	SLV_Y_E+(1.000)	
26	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-0.300) +	SLV_Y_E+(1.000)	
27	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(0.300) +	SLV_Y_E-(1.000)	
28	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-0.300) +	SLV_Y_E-(1.000)	
29	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(0.300) +	SLV_Y_E-(1.000)	
30	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-0.300) +	SLV_Y_E-(1.000)	
31	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-1.000) +	SLV_Y_E+(-0.300)	
32	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-1.000) +	SLV_Y_E+(0.300)	
33	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-1.000) +	SLV_Y_E-(-0.300)	
34	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E+(-1.000) +	SLV_Y_E-(0.300)	
35	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-1.000) +	SLV_Y_E+(-0.300)	
36	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-1.000) +	SLV_Y_E+(0.300)	
37	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-1.000) +	SLV_Y_E-(-0.300)	
38	1		SW(1.000) +	G1(1.000) +	G2(1.000)
		+	SLV_X_E-(-1.000) +	SLV_Y_E-(0.300)	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

39	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+(-0.300) +	SLV_Y E+(-1.000)	
40	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+(0.300) +	SLV_Y E+(-1.000)	
41	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E-(-0.300) +	SLV_Y E+(-1.000)	
42	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E-(0.300) +	SLV_Y E+(-1.000)	
43	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+(-0.300) +	SLV_Y E-(-1.000)	
44	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+(0.300) +	SLV_Y E-(-1.000)	
45	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E-(-0.300) +	SLV_Y E-(-1.000)	
46	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E-(0.300) +	SLV_Y E-(-1.000)	
79	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	DT (0.600)	
80	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	DT (1.000)	
81	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WX (0.600) +	DT (0.600)
82	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WY+ (0.600) +	DT (0.600)
83	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (0.600) +	DT (1.000)
84	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+ (0.600) +	DT (1.000)
85	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WX (-0.600) +	DT (0.600)
86	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WY+ (-0.600) +	DT (0.600)
87	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (-0.600) +	DT (1.000)
88	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+ (-0.600) +	DT (1.000)
89	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (1.000) +	DT (0.600)
90	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+ (1.000) +	DT (0.600)
91	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (-1.000) +	DT (0.600)
92	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+ (-1.000) +	DT (0.600)
93	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.200)		
94	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	DT (0.500)		
95	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	WX (0.200)		
96	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	WY+ (0.200)		



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

```

-----
midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ]                               Gen 2021
-----
    97  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
           +      WX (-0.200)
    98  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
           +      WY+ (-0.200)
    99  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
-----

```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```

*. PROJECT      :
*. MEMBER NO   = 97, ELEMENT TYPE = Beam
*. LOADCOMB NO = 12, MATERIAL NO  = 1, SECTION NO  = 3
*. UNIT SYSTEM : kN, mm

*. SECTION PROPERTIES : Designation = PIL_BASE
Shape = B - Section. (Built-up)
Depth = 250.000, Flg Width = 700.000, Web Center = 690.000
Web Thick = 10.000, Top F Thick = 10.000, Bot.F Thick = 10.000

Area = 1.86000e+004, Avy = 1.40000e+004, Avz = 5.00000e+003
Ybar = 3.50000e+002, Zbar = 1.25000e+002, Qyb = 4.86125e+004, Qzb = 1.00925e+005
Wely = 1.77596e+006, Welz = 3.19777e+006, Wply = 1.94450e+006, Wplz = 4.03700e+006
Iyy = 2.21995e+008, Izz = 1.11922e+009, Iyz = 0.00000e+000
iy = 1.09248e+002, iz = 2.45302e+002
J = 5.89750e+008, Cwp = 1.00000e+028

*. DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
Ly = 6.69000e+002, Lz = 6.69000e+002, Lb = 6.69000e+002
Ky = 2.31478e+000, Kz = 2.31478e+000

*. MATERIAL PROPERTIES :
Fy = 3.55000e+001, Es = 2.10000e+002, MATERIAL NAME = S355

*. FORCES AND MOMENTS AT (I) POINT :
Axial Force Fxx = -2.39444e+002
Shear Forces Fyy = 5.45475e+001, Fzz = -3.87598e+001
Bending Moments My = -1.33616e+005, Mz = 2.42139e+005
End Moments Myi = -1.33616e+005, Myj = -1.07685e+005 (for Lb)
Myi = -1.33616e+005, Myj = -1.07685e+005 (for Ly)
Mzi = 2.42139e+005, Mzj = 2.05647e+005 (for Lz)

*. Sign conventions for stress and axial force.
- Stress : Compression positive.
- Axial force: Tension positive.

```

[[[*]]] CLASSIFY TOP FLANGE OF SECTION (BTR).

```

( ). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
[ Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5 ]
-. e = SQRT( 235/Fy ) = 0.81
-. d/t = HTR = 68.00
-. sigma = 0.013 kN/mm^2.
-. sigma2 = -0.138 kN/mm^2.
-. Psi = [2*(Nsd/A)*(1/Fy)]-1 = -0.927
-. RatPsi = 1 / (0.67 + 0.33*Psi) = 2.748
-. HTR < 42*e*RatPsi ( Class 3 : Semi-compact ).

```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

[[[*]]] CLASSIFY BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. e = $\sqrt{235/f_y}$ = 0.81
 -. d/t = HTR = 68.00
 -. sigma1 = 0.164 kN/mm².
 -. sigma2 = 0.012 kN/mm².
 -. HTR > 42*e (Class 4 : Slender).

[[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).

- (). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. e = $\sqrt{235/f_y}$ = 0.81
 -. d/t = HTR = 23.00
 -. sigma1 = 0.016 kN/mm².
 -. sigma2 = -0.110 kN/mm².
 -. Psi = $[2*(N_{sd}/A)*(1/f_y)]-1$ = -0.927
 -. Alpha = 0.573 > 0.5
 -. HTR < $396*e/(13*Alpha-1)$ (Class 1 : Plastic).

[[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).

- (). Determine classification of compression Internal Parts.
 [Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5]
 -. e = $\sqrt{235/f_y}$ = 0.81
 -. d/t = HTR = 23.00
 -. sigma1 = 0.136 kN/mm².
 -. sigma2 = 0.010 kN/mm².
 -. HTR < 33*e (Class 1 : Plastic).

[[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE AREA.

- (). Calculate cross-section properties of top flange.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. r = 20.000 mm.
 -. bc = 680.000 mm.
 -. beff = bc + r = 700.000 mm.
 -. Aeff = beff * tf = 7000.000 mm².
 (). Calculate buckling factor of internal compression element.
 [Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

Company	Client
MIDAS	
Author	File Name
Ing. Luca Sampietro	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021
=====

-. In case of Psi = 1.0
-. k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. RatT = 68.0000
 -. Lambda_p = RatT / [28.4*Eps*SQRT(k_sigma)] = 1.4714
 -. Rho = MIN((Lambda_p-0.055*(3+psi)) / Lambda_p^2, 1.0) = 0.5780
 -. sigma_max = MAX(sigma1, sigma2) = 0.013 kN/mm^2.
 -. sigma_min = MIN(sigma1, sigma2) = 0.013 kN/mm^2.
 -. r = 20.000 mm.
 -. bc = 680.000 mm.
 -. beff = Rho*bc + r = 413.039 mm.
 -. Aeff = beff * tf = 4130.387 mm^2.
 -. yeff = beff/2 = 206.519 mm.

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. r = 0.000 mm.
 -. Ar = 0.000 mm^2.
 -. dc = 230.000 mm.
 -. deff = dc + r = 230.000 mm.
 -. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 2300.000 mm^2.

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. r = 0.000 mm.
 -. Ar = 0.000 mm^2.
 -. dc = 230.000 mm.
 -. deff = dc + r = 230.000 mm.
 -. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 2300.000 mm^2.

=====
[[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MAJOR AXIS.
=====

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]
 -. r = 20.000 mm.
 -. bc = 680.000 mm.
 -. beff = bc + r = 700.000 mm.
 -. Aeff = beff * tf = 7000.000 mm^2.
 -. yeff = beff/2 = 350.000 mm.

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]
 -. In case of Psi = 1.0
 -. k_sigma = 4.0000

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```

-. RatT = 68.0000
-. Lambda_p = RatT / [ 28.4*Eps*SQRT(k_sigma) ] = 1.4714
-. Rho = MIN( Lambda_p-0.055*(3+psi) ) / Lambda_p^2, 1.0 ] = 0.5780
-. sigma_max = MAX( sigma1, sigma2 ) = 0.075 kN/mm^2.
-. sigma_min = MIN( sigma1, sigma2 ) = 0.075 kN/mm^2.
-. r = 20.000 mm.
-. bc = 680.000 mm.
-. beff = Rho*bc + r = 413.039 mm.
-. Aeff = beff * tf = 4130.387 mm^2.
-. yeff = beff/2 = 206.519 mm.

```

(). Calculate cross-section properties of left web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

```

-. r = 0.000 mm.
-. Ar = 0.000 mm^2.
-. dc = 230.000 mm.
-. deff = dc + r = 230.000 mm.
-. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 2300.000 mm^2.
-. zeff = (h+2*r) - deff/2 = 125.000 mm.

```

(). Calculate cross-section properties of right web.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

```

-. r = 0.000 mm.
-. Ar = 0.000 mm^2.
-. dc = 230.000 mm.
-. deff = dc + r = 230.000 mm.
-. Aeff = deff * tw + 4*Ar = 2300.000 mm^2.
-. zeff = (h+2*r) - deff/2 = 125.000 mm.

```

[[[*]]] CALCULATE EFFECTIVE SECTION MODULUS ABOUT MINOR AXIS.

(). Calculate cross-section properties of top flange.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

```

-. r = 20.000 mm.
-. bc = 680.000 mm.
-. beff = bc + r = 700.000 mm.
-. Aeff = beff * tf = 7000.000 mm^2.
-. yeff = beff/2 = 350.000 mm.

```

(). Calculate buckling factor of internal compression element.

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1]

```

-. In case of Psi = -1.0
-. k_sigma = 23.9000

```

(). Calculate effective cross-section properties of bottom flange flange of Class 4 (Internal element).

[Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2]

```

-. RatT = 68.0000
-. Lambda_p = RatT / [ 28.4*Eps*SQRT(k_sigma) ] = 0.6020
-. Rho = 1.0

```



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```

-. sigma_max = MAX( sigma1, sigma2 ) =      0.076 kN/mm^2.
-. sigma_min = MIN( sigma1, sigma2 ) =     -0.076 kN/mm^2.
-. r          =      20.000 mm.
-. bc        = (b*sigma_max) / (sigma_max-sigma_min) =    340.000 mm.
-. beff     = (b-bc) + Rho*bc + r =      700.000 mm.
-. Aeff    = beff * tf          =    7000.000 mm^2.
-. yeff    = beff/2            =     350.000 mm.

```

(). Calculate cross-section properties of left web.

```

[ Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2 ]
-. r          =      0.000 mm.
-. Ar        =      0.000 mm^2.
-. dc        =    230.000 mm.
-. deff     = dc + r          =    230.000 mm.
-. Aeff    = deff * tw + 4*Ar =    2300.000 mm^2.
-. zeff    = (h+2*r) - deff/2 =    125.000 mm.

```

(). Calculate cross-section properties of right web.

```

[ Eurocode3 Part 1-5 4.4, Table 4.1, 4.2 ]
-. r          =      0.000 mm.
-. Ar        =      0.000 mm^2.
-. dc        =    230.000 mm.
-. deff     = dc + r          =    230.000 mm.
-. Aeff    = deff * tw + 4*Ar =    2300.000 mm^2.
-. zeff    = (h+2*r) - deff/2 =    125.000 mm.

```

=====
[[[*]]] EFFECTIVE SECTION PROPERTIES.
=====

(). Calculated effective cross-section properties of Class4 cross-section.

```

-. Aeff = 15730.3865 mm^2. (for calculating axial resistance)
-. Aeffy = 15730.3865 mm^2.
-. Weffy = 1178495.8463 mm^3.
-. Aeffz = 18600.0000 mm^2.
-. Weffz = 3197771.4286 mm^3.
-. eNy  = 21.8910 mm.
-. eNz  = 37.6743 mm.

```

=====
[[[*]]] APPLIED FACTORS.
=====

(). Calculate equivalent uniform moment factors (Cmy,Cmz,CmLT).

```

[ Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2 ]
-. Cmy,0 = 0.959
-. Cmz,0 = 0.968
-. Cmy (Default or User Defined Value) = 0.850
-. Cmz (Default or User Defined Value) = 0.850
-. CmLT (Default or User Defined Value) = 1.000

```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

(). Partial Factors (Gamma_Mi).
 [Eurocode3:05 6.1]
 -. Gamma_M0 = 1.05
 -. Gamma_M1 = 1.05
 -. Gamma_M2 = 1.25

=====
[[[*]]] CHECK AXIAL RESISTANCE.
=====

(). Check slenderness ratio of axial compression member (Kl/i).
 -. Kl/i = 14.2 < 200.0 ---> O.K.

(). Calculate axial compressive resistance (Nc_Rd).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.4]
 -. Nc_Rd = fy * Aeff / Gamma_M0 = 5318.37 kN.

(). Check ratio of axial resistance (N_Ed/Nc_Rd).
 N_Ed 239.44
 -. ----- = ----- = 0.045 < 1.000 ---> O.K.
 Nc_Rd 5318.37

(). Calculate buckling resistance of compression member (Nb_Rdy, Nb_Rdz).
 [Eurocode3:05 6.3.1.1, 6.3.1.2]
 -. Beta_A = Aeff / Area = 0.846
 -. Lambda_d1 = Pi * SQRT(Es/fy) = 76.409
 -. Lambda_by = {(Ky*Ly/iy)/Lambda_d1} * SQRT(Beta_A) = 0.171
 -. Ncry = Pi^2*Es*Iyy / (Ky*Ly)^2 = 191862.29 kN.
 -. Lambda_by < 0.2 or N_Ed/Ncry < 0.04 --> No need to check.

-. Lambda_bz = {(Kz*Lz/iz)/Lambda_d1} * SQRT(Beta_A) = 0.076
 -. Ncrz = Pi^2*Es*Izz / (Kz*Lz)^2 = 967301.55 kN.
 -. Lambda_bz < 0.2 or N_Ed/Ncrz < 0.04 --> No need to check.

=====
[[[*]]] CHECK SHEAR RESISTANCE.
=====

(). Calculate shear area.
 [Eurocode3:05 6.2.6, EN1993-1-5:04 5.1 NOTE 2]
 -. Avy = 2*B*tf = 14000.0000 mm^2.
 -. Avz = 2*h*tw = 5000.0000 mm^2.

(). Calculate plastic shear resistance in local-y direction (Vpl_Rdy).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. Vpl_Rdy = [Avy*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 2732.79 kN.

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. HTR > 72*e/Eta ---> Need to check!



midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```
( ). Calculate shear buckling resistance in local-y direction (Vb1_Rdy).
[ Eurocode3:05 6.1, 6.2.6, EN 1993-1-5:2004 5.2 ]
-. Eta = 1.20
-. Lambda_w = bw / (86.4*tf*e) = 0.9673
-. Chi_w = 0.83/Lambda_w = 0.86
-. Vbw_Rdy = Chi_w*fy*bw*tf / [sqrt(3)*Gamma_M1] = 2277.82 kN.

-. Ah1 = 2300.0000 mm^2.
-. Ah2 = 2300.0000 mm^2.
-. Mfk = Ah1*fy*(B-Ybar-tw/2) + Ah2*fy*(Ybar-tw/2) = 563385.00 kN-mm.
-. rf = 1-[Ned/((Ah1+Ah2)*fy/Gamma_M0)] = 0.8460(0<rf<1)
-. Mf_Rd = rf*Mfk/Gamma_M0 = 453949.05 kN-mm.
-. In case of M_Ed < Mf_Rd
-. a = LZ = 669.0000 mm.
-. bf = min(H, 30*e*tw) = 244.0850 mm.
-. c = a*[ 0.25 + (1.6*bf*tw^2*fy)/(tf*bw^2*fy) ] = 170.0751 mm.
-. Vbf_Rdy = (bf*tw^2*fy)/(c*Gamma_M1)*[1-(M_Ed/Mf_Rd)^2] = 44.32 kN.

-. Vb_Rdy1 = Vw_Rdy + Vf_Rdy = 2322.14 kN.
-. Vb_Rdy2 = Eta*fy*bw*tf / [sqrt(3)*Gamma_M1] = 3185.65 kN.
-. Vb_Rdy = min[ Vbw_rdy1, Vbw_rdy2 ] = 2322.14 kN.

( ). Check ratio of shear resistance (V_Edy/Vb_Rdy).
( LCB = 11, POS = I )
-. Applied shear force : V_Edy = 63.73 kN.
V_Edy
-. ----- = ----- = 0.027 < 1.000 ---> O.K.
Vb_Rdy 2322.14

( ). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (Vpl_Rdz).
[ Eurocode3:05 6.1, 6.2.6 ]
-. Vpl_Rdz = [ Avz*fy/SQRT(3) ] / Gamma_M0 = 976.00 kN.

( ). Shear Buckling Check.
[ Eurocode3:05 6.2.6 ]
-. HTR < 72*e/Eta ---> No need to check!

( ). Check ratio of shear resistance (V_Edz/Vpl_Rdz).
( LCB = 42, POS = J )
-. Applied shear force : V_Edz = 47.72 kN.
V_Edz
-. ----- = ----- = 0.049 < 1.000 ---> O.K.
Vpl_Rdz 976.00
```

=====
[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.
=====



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

- (). Calculate local buckling resistance moment about major axis.
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
-. Weff_y = 1178495.8463 mm³.
-. Mc_{Rdy} = Weff_y * f_y / Gamma_{M0} = 398443.83 kN-mm.
- (). Check ratio of moment resistance (M_{Edy}/Mc_{Rdy}).
M_{Edy} 133615.62
-. ----- = ----- = 0.335 < 1.000 ----> O.K.
Mc_{Rdy} 398443.83

=====
[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.
=====

- (). Calculate local buckling resistance moment about minor axis.
[Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
-. Weff_z = 3197771.4286 mm³.
-. Mc_{Rdz} = Weff_z * f_y / Gamma_{M0} = 1081151.29 kN-mm.
- (). Check ratio of moment resistance (M_{Edz}/Mc_{Rdz}).
M_{Edz} 242139.46
-. ----- = ----- = 0.224 < 1.000 ----> O.K.
Mc_{Rdz} 1081151.29

=====
[[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.
=====

- (). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.
[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
-. In case of V_{Edz} / V_{pl,Rdz} < 0.5
-. My_{Rd} = Mc_{Rdy} = 398443.83 kN-mm.
- (). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.
[Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
-. In case of V_{Edy} / V_{pl,Rdy} < 0.5
-. Mz_{Rd} = Mc_{Rdz} = 1081151.29 kN-mm.
- (). Check interaction ratio of bending and axial force.
[Eurocode3:05 6.2.9.3 (6.44)] - Class4
N_{Ed} M_{Edy} + N_{Ed}*e_{Ny} M_{Edz} + N_{Ed}*e_{Nz}
-. R_{max1} = ----- + ----- + -----
A_{eff}*f_y/Gamma_{M0} My_{Rd} Mz_{Rd}
= 0.626 < 1.000 ----> O.K.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```
( ). Check interaction ratio of bending and axial compression member.
[ Eurocode3:05 6.3.1, 6.2.9.3 (6.61, 6.62), Annex A ]
-. N_Ed = -239.44 kN.
-. M_Edy = -133615.62 kN-mm.
-. M_Edz = 242139.46 kN-mm.
-. kyy = 0.851
-. kyz = 0.850
-. kzy = 0.851
-. kzz = 0.850
-. Xiy = 1.000
-. Xiz = 1.000
-. XiLT = 1.000
-. Aeff = 15730.3865 mm^2.
-. Weffy = 1178495.8463 mm^3.
-. Weffz = 3197771.4286 mm^3.
-. eNy = 37.6743 mm.
-. eNz = 21.8910 mm.
-. N_Rk = Aeff*fy = 5584.29 kN.
-. My_Rk = Weffy*fy = 418366.03 kN-mm.
-. Mz_Rk = Weffz*fy = 1135208.86 kN-mm.
-. N_Ed*eNy = 5241.66 kN-mm.
-. N_Ed*eNz = 9020.87 kN-mm.
-. Rmax_LT1 = ----- + kyy * ----- + kyz * -----
              N_Ed                    M_Edy + N_Ed*eNy          M_Edz + N_Ed*eNz
              Xiy*N_Rk/Gamma_M1        XiLT*My_Rk/Gamma_M1        Mz_Rk/Gamma_M1
              = 0.539 < 1.000 ----> O.K.
-. Rmax_LT2 = ----- + kzy * ----- + kzz * -----
              N_Ed                    M_Edy + N_Ed*eNy          M_Edz + N_Ed*eNz
              Xiz*N_Rk/Gamma_M1        XiLT*My_Rk/Gamma_M1        Mz_Rk/Gamma_M1
              = 0.539 < 1.000 ----> O.K.
-. Rmax = MAX[ Rmax1, MAX(Rmax_LT1, Rmax_LT2) ] = 0.626 < 1.000 ----> O.K.
```

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

```

midas Gen                                     Steel Code Checking Result
PROJECT TITLE :
-----
MIDAS Company Client
      Author Ing. Luca Sampietro File Name MTL2_SZP_M01_AEL_00.acs
-----
midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ] Gen 2021
-----
[[[*]]] CHECK DEPLETION.
-----
( ). Compute Maximum Deflection.
-. LCB = 92
-. DAF = 1,000 (Deflection Amplification Factor).
-. Def = 0.545 * DAF = 0.545mm (Global Y)
-. Def_Lim = 2.230mm
Def < Def_Lim ---> O.K !
-----
Modeling, Integrated Design & Analysis Software          Print Date/Time : 01/26/2022 16:14
http://www.MidasUser.com                                Gen 2021
- 14 / 14 -

```

Figura 38. Verifica dettagliata elemento più sollecitato

Tutte le verifiche sono soddisfatte.



8.5.3 Verifica elementi in legno lamellare

Si riporta la verifica della trave di copertura in legno lamellare.

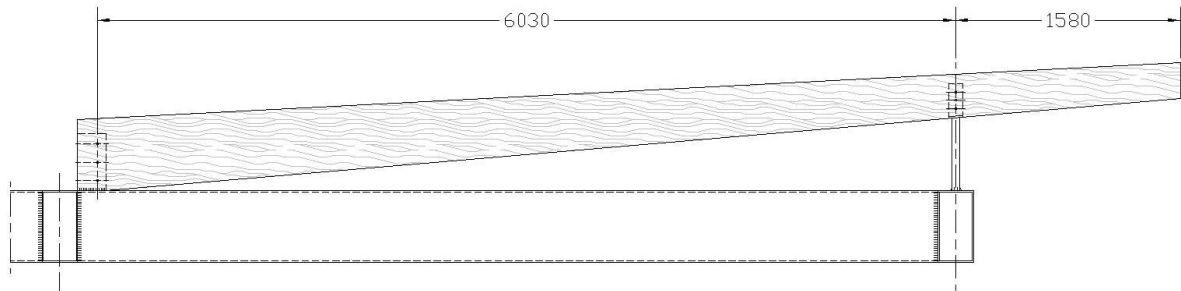


Figura 39. Sovrastruttura zona viaggiatori – Trave di copertura in legno lamellare

Le travi, posizionate ad interasse di 1125 mm, sono caratterizzate da sezione con larghezza resistente costante pari a $b=12$ cm e altezza variabile da 50cm a 25 cm, sono realizzate in legno lamellare GL24h, aventi le seguenti caratteristiche meccaniche e geometriche:

Tabella 25. Caratteristiche meccaniche legno lamellare GL24h

Id	Tipo / Note	V. caratt.	V. medio	Young	Poisson	G	Gamma	Alfa	Altri
		daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²		daN/cm ²	daN/cm ³		
129	Legno lamellare omogeneo GL24h- legno E = 1.150e+05			1.150e+05	0.0	6500.0	4.20e-04	1.00e-05	
	Modulo E0,05			9.599e+04					
	Lamellare : SI								
	Resistenza fc0	240.0							
	Resistenza ft0	192.0							
	Resistenza fm	240.0							
	Resistenza fv	35.0							
	Incremento dinamico								1.00
	Rapporto HRDb								1.00e-05
	Rapporto HRDv								1.00e-05

Tabella 26. Parametri struttura in legno lamellare

Gamma non sismico	1.50					
Gamma sismico	1.50					
Classificazione						
Classe di servizio	2 (media umidità)					
Per classe di servizio 2						
Kmod permanente	0.60					
Kmod lunga	0.70					
Kmod media	0.80					
Kmod breve	0.90					
Kmod istantanea	1.10					
Kdef	0.80					

**Tabella 27. Caratteristiche geometriche sezioni nodello FEM**

Id	Tipo	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
		cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	TR_12x38-Rettangolare b=12 h=38	456.00	380.00	380.00	1.753e+04	5472.00	5.487e+04	912.00	2888.00	1368.00	4332.00
2	TR_12x30_mensola- Rettangolare b=12 h=30	360.00	300.00	300.00	1.293e+04	4320.00	2.700e+04	720.00	1800.00	1080.00	2700.00

Tabella 28. Carichi agenti

Id	Tipo	Pos.	fx	fy	fz	mx	my	mz
		cm	daN/cm	daN/cm	daN/cm	daN	daN	daN
1	G2-DG:Fzi=-1.13 Fzf=-1.13	0.0	0.0	0.0	-1.13	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-1.13	0.0	0.0	0.0
2	Qs-DG:Fzi=-2.10 Fzf=-2.10	0.0	0.0	0.0	-2.10	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-2.10	0.0	0.0	0.0
3	W--DG:Fzi=-0.20 Fzf=-0.20	0.0	0.0	0.0	-0.20	0.0	0.0	0.0
		0.0	0.0	0.0	-0.20	0.0	0.0	0.0

Tabella 29. Casi di carico

CDC	Tipo	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G2k	Azioni applicate: D2 : da 1 a 2 Azione : G2-DG:Fzi=-1.13 Fzf=-1.13
3	Qk	CDC=Qs	Azioni applicate: D2 : 1 Azione : Qs-DG:Fzi=-2.10 Fzf=-2.10
4	Qk	CDC=Qs-m	Azioni applicate: D2 : 2 Azione : Qs-DG:Fzi=-2.10 Fzf=-2.10
5	Qk	CDC=W	Azioni applicate: D2 : 1 Azione : W--DG:Fzi=-0.20 Fzf=-0.20
6	Qk	CDC=Wm	Azioni applicate: D2 : 2 Azione : W--DG:Fzi=-0.20 Fzf=-0.20

I vincoli con il mondo esterno sono delle cerniere.



Figura 40. Schema statico trave di copertura

Di seguito si riportano l'involuppo delle sollecitazioni di momento flettente e taglio allo Stato Limite Ultimo SLU, e per ultimo la relativa deformata.

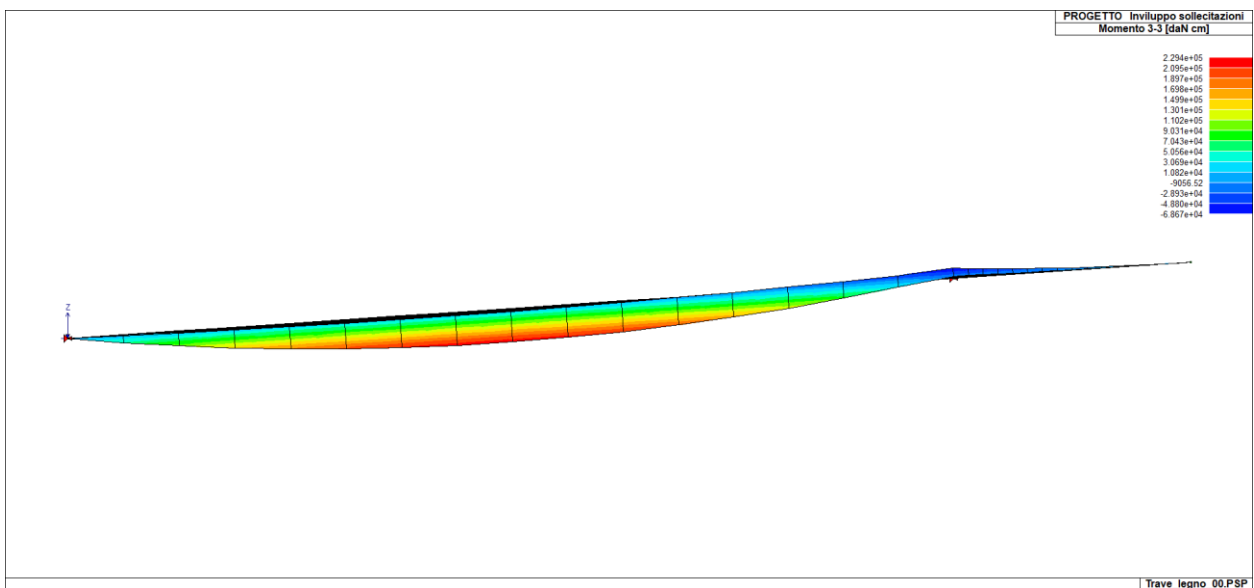


Figura 41. Involuppo momento flettenti M_{33} - SLU

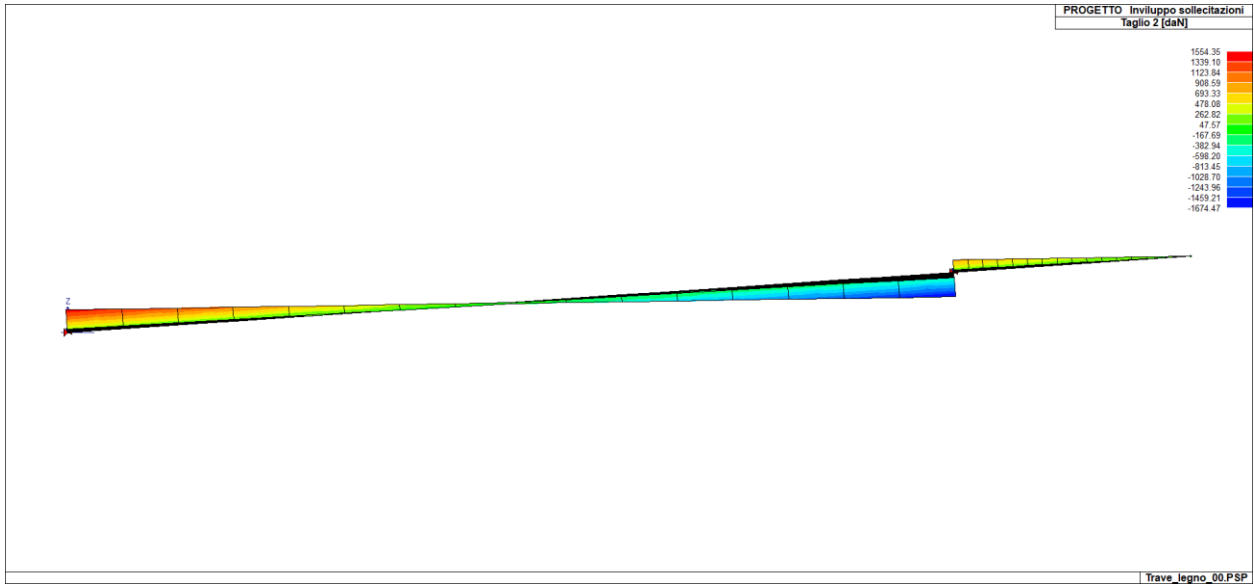


Figura 42. Involuppo taglio V_2 - SLU

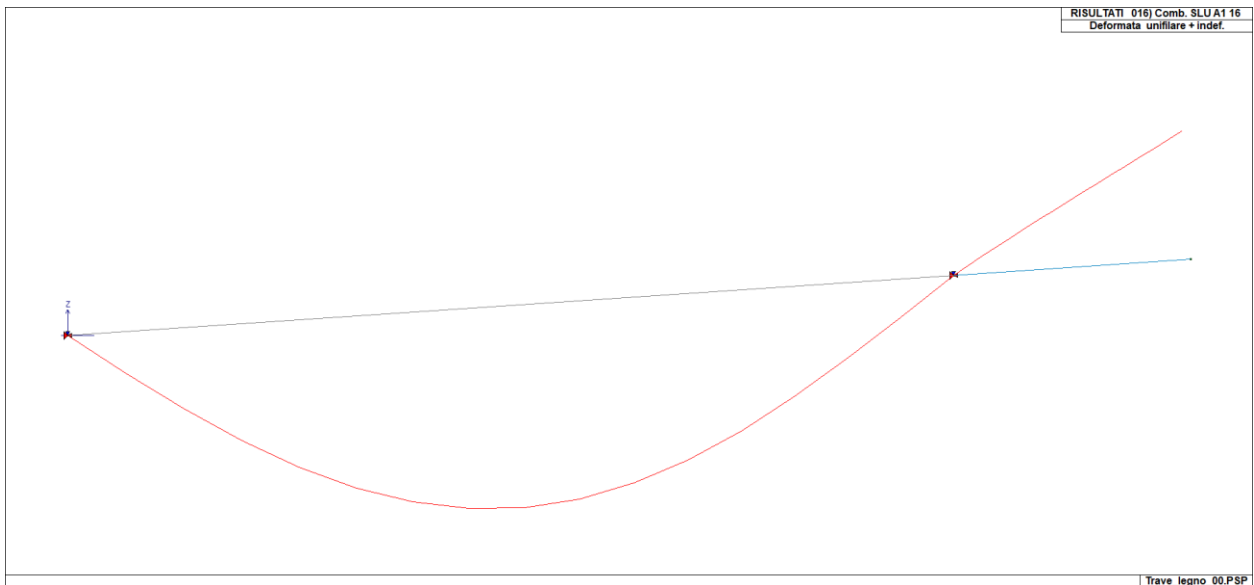


Figura 43. Deformata

Di seguito è riportato il tasso di sfruttamento massimo dei singoli elementi strutturali per le combinazioni SLU evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

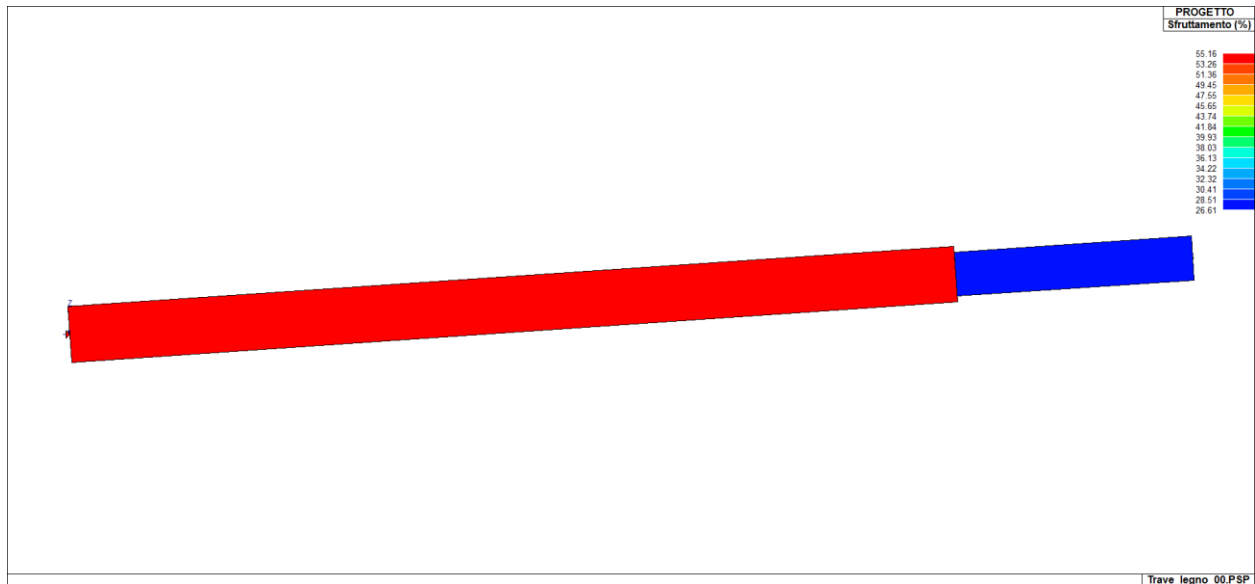


Figura 44. Massimo tasso di sfruttamento - SLU

Le verifiche effettuate ai sensi delle NTC 2018 sono dettagliatamente riportate come da tabella seguente:

Elem.	Numero dell'elemento
Tipo	Codice di individuazione del tipo di elemento: Trave (T), Pilastro (P), Asta (A)
Stato	Codice della verifica: ok verificato, NV non verificato
Note	Numero della sezione (s) e del materiale (m) dell'archivio
Ver N+/M	Verifica come da formule 4.4.6a e 4.4.6b per tensoflessione, con i valori di km definiti nel par. 4.4.8.1.6
Ver N-/M	Verifica come da formule 4.4.7a e 4.4.7b per pressoflessione, con i valori di km definiti nel par. 4.4.8.1.6
Ver V/T	Verifica come da formula 4.4.10 (taglio torsione) con interazione ottenuta per quadratura del termine di taglio
Ver N(s)	Verifica instabilità a compressione come da par. 4.4.8.2.2
Kcy(z)	Fattore di instabilità Kcrit,c utilizzato nella formula 4.4.13, in funzione della snellezza relativa
Ver M(s)	Verifica instabilità laterale come da par. 4.4.8.2.1, effettuata in entrambi i piani principali y e z
Kcrit (y)/(z)	Fattore di instabilità laterale utilizzato nella formula 4.4.11 rispettivamente per la flessione y e z
w _{net R}	Massima deformazione in combinazione rara (F frequente, P quasi permanente)
w _{net Ri}	Massima deformazione in combinazione rara (F frequente, P quasi permanente) valutata a tempo infinito
kdef	Fattore di deformazione dell' elemento
Rif. cmb	Numero della combinazione in cui si è attinto il valore riportato per le verifiche

Si sottolinea che le verifiche sono espresse dal rapporto tra domanda e capacità, affinché la verifica sia positiva il rapporto deve essere inferiore o uguale a 1. La capacità è affetta dal termine **K_{mod}**, espressione della classe di servizio e della durata dei carichi (si considera a livello di combinazione il caso di carico di minor durata).

Le deformazioni dell' elemento espresse in rapporto ad un millesimo di lunghezza sono rappresentate dal valore istantaneo e dal valore a tempo infinito. Il valore della deformazione a tempo infinito per una combinazione di carichi è ottenuto sommando per ogni caso di carico sia

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

il valore istantaneo che il valore ottenuto dall' aliquota quasi-permanente amplificata del fattore k_{def} (formula 2.2 e 2.3).

In termini analitici il contributo del caso di carico con coefficiente di combinazione **Psi** (diverso da 0) è:

$$Psi + k_{def} \times Psi2$$

Elem. Rif. cmb	Note	Pos. Ver	Ver N+/M	Ver N-/M	Ver V/T	Rif. cmb	Ver N(s)	Kcy	Kcz	Ver M(s)	Kcrit(y)	Kcrit(z)
1 ok 11,11	T,s=1,m=129	0.0	0.0	2.71e-06	0.1	0,11,11	1.33e-02	0.9	0.1	1.33e-02	1.0	1.0
		cm										
		606.4	0.2	0.0	0.2	44,0,16	0.0	0.9	0.1	2.73e-02	1.0	1.0
0,34 2 ok 44,44	T,s=2,m=129	0.0	0.0	0.3	6.28e-02	0,44,34	0.3	1.0	0.9	7.14e-02	1.0	1.0
		162.4	0.0	0.0	0.0	44,0,46	0.0	1.0	0.9	0.0	1.0	1.0
0,11												

Elem.	Ver N+/M	Ver N-/M	Ver V/T	Ver N(s)	Kcy	Kcz	Ver M(s)	Kcrit(y)	Kcrit(z)
	0.17	0.26	0.15	0.27	0.85	0.12	0.07	1.00	1.00

Elem. Rif. cmb	w,net R	w,net F	w,net P	Rif. cmb	Kdef	w,net Ri	w,net Fi	w,net Pi
1 105,143,147	1.6	0.7	0.5	105,143,147	0.8	3.0	2.0	1.0
2 105,143,147	4.4	1.7	1.1	105,143,147	0.8	8.0	5.1	2.0

Elem.	w,net R	w,net F	w,net P	w,net Ri	w,net Fi	w,net Pi
	4.38	1.73	1.12	7.97	5.09	2.01



8.6 Verifica di deformazione – SLE

8.6.1 Verifica elementi in carpenteria metallica

Il valore totale dello spostamento verticale ortogonale all’asse dell’elemento è definito come

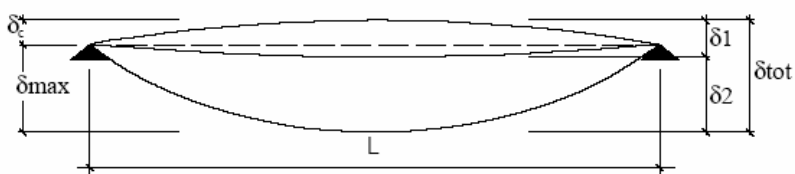


Figura 45. Definizione degli spostamenti verticali per le verifiche di esercizio

dove:

- δ_c è la monta iniziale della trave;
- δ_1 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi permanenti;
- δ_2 è lo spostamento elastico dovuto ai carichi variabili;
- δ_{max} è lo spostamento nello stato finale, depurato della monta iniziale = $\delta_{tot} - \delta_c$.

Le grandezze sopra riportate devono essere inferiori a tali limiti, dove L è la luce dell’elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Tabella 30. Limiti di deformabilità

Elementi strutturali	Limiti superiori per gli spostamenti verticali	
	$\frac{\delta_{max}}{L}$	$\frac{\delta_2}{L}$
Coperture in generale	$\frac{1}{200}$	$\frac{1}{250}$
Coperture praticabili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai in generale	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{300}$
Solai o coperture che reggono intonaco o altro materiale di finitura fragile o tramezzi non flessibili	$\frac{1}{250}$	$\frac{1}{350}$
Solai che supportano colonne	$\frac{1}{400}$	$\frac{1}{500}$
Nei casi in cui lo spostamento può compromettere l’aspetto dell’edificio	$\frac{1}{250}$	

In caso di specifiche esigenze tecniche e/o funzionali tali limiti devono essere opportunamente ridotti.

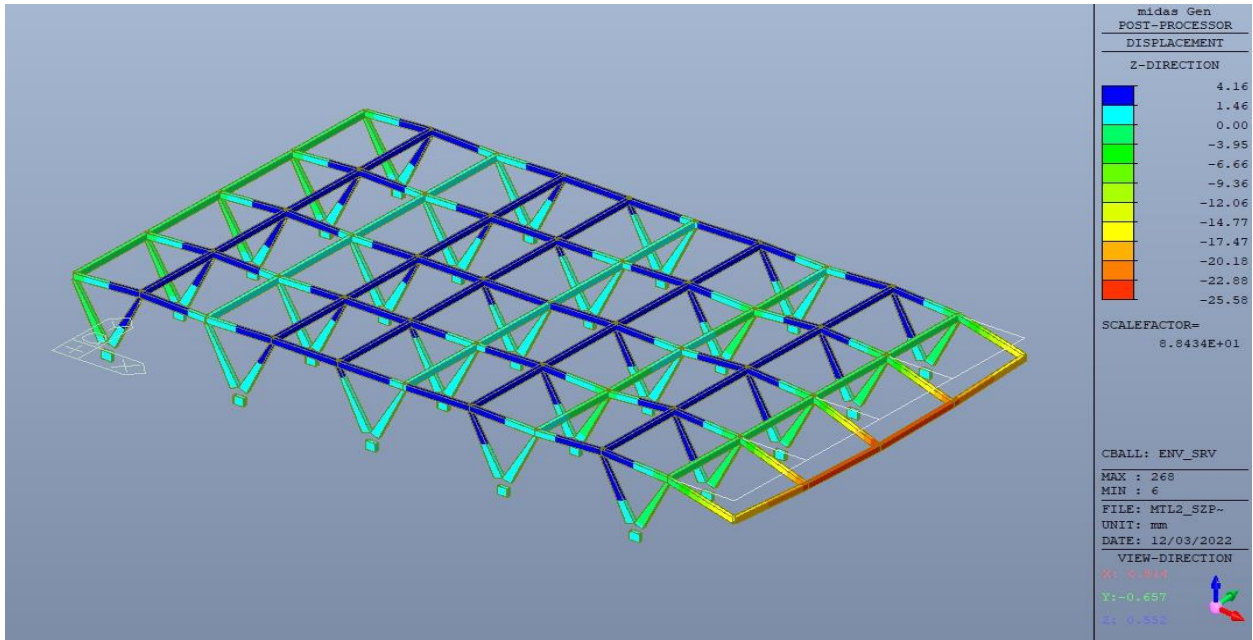


Figura 46. Sovrastruttura zona viaggiatori – Involuppo deformazio DZ Combinazioni SLE

La deformata massima si ha in corrispondenza dello sbalzo con un abbassamento massimo di 26mm, inferiore al valore limite pari a 35mm.

Di seguito si riporta la verifica dettagliata, con l’indicazione delle verifiche di esercizio.

Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , mm Primary Sorting Option

Sorted by Member Property Change... Update... SECT MEMB

CH	MEMB	SECT	SE	Section		LCB	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Rd	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
				Material	Fy													
OK	89	1	□	TR_250x500x10	0.35500	10	4500.00	4500.00	1.000	1.000	-0.8849	-287275	-287275	-12867	-8.8131	-122.78	-	1.73542
	0.384	0.063		S355	0.35500		4500.00	4500.00	1.000	1.000	4936.19	0.00000	803652	495141	975.997	1951.99	-	18.0000
OK	98	2	□	PIL_V	0.35500	12	4817.83	4817.83	1.000	0.850	-225.62	39454.1	39454.1	-74779	44.3332	-15.848	-	10.2367
	0.498	0.055		S355	0.35500		4817.83	4817.83	1.000	0.850	3124.00	0.00000	277678	263620	905.725	975.997	-	16.0594
OK	97	3	□	PIL_BASE	0.35500	12	669.000	669.000	2.315	0.850	-239.44	-133616	-133616	242140	54.5475	-38.760	-	0.54540
	0.626	0.049		S355	0.35500		669.000	669.000	2.315	0.850	5318.37	0.00000	398444	1081151	2322.14	975.997	-	2.23000

Connect Model View View Result Ratio... Result View Option All OK NG

Select All Unselect All Re-calculation << Graphic... Detail... Summary... Close Summary by LCB... Copy Table

Figura 47. Sovrastruttura zona viaggiatori – Tabella riassuntiva verifiche

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

8.6.2 Verifica elementi in legno lamellare

Le deformazioni di una struttura in legno, dovute agli effetti delle azioni applicate, degli stati di coazione, delle variazioni di umidità e degli scorrimenti nelle unioni, devono essere contenute entro limiti accettabili, sia in relazione ai danni che possono essere indotti ai materiali di rivestimento, ai pavimenti, alle tramezzature e, più in generale, alle finiture, sia in relazione ai requisiti estetici ed alla funzionalità dell'opera.

Considerando il particolare comportamento reologico del legno e dei materiali derivati dal legno, si devono valutare sia la deformazione istantanea sia la deformazione a lungo termine.

La deformazione istantanea si calcola usando i valori medi dei moduli elastici per le membrature e il valore istantaneo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

La deformazione a lungo termine può essere calcolata utilizzando i valori medi dei moduli elastici ridotti opportunamente mediante il fattore $1/(1+k_{def})$, per le membrature, e utilizzando un valore ridotto nello stesso modo del modulo di scorrimento dei collegamenti.

Il coefficiente k_{def} tiene conto dell'aumento di deformabilità con il tempo causato dall'effetto combinato della viscosità, dell'umidità del materiale e delle sue variazioni.

La freccia (valore dello spostamento ortogonale all'asse dell'elemento) netta di un elemento inflesso è data dalla somma della freccia dovuta ai soli carichi permanenti, della freccia dovuta ai soli carichi variabili, dedotta dalla eventuale contrefreccia (qualora presente).

Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia istantanea dovuta ai soli carichi variabili nella combinazione di carico rara, si raccomanda che essa sia inferiore a $L/300$, essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

Nei casi in cui sia opportuno limitare la freccia finale, si raccomanda che essa sia inferiore a $L/200$, essendo L la luce dell'elemento o, nel caso di mensole, il doppio dello sbalzo.

I limiti indicati per la freccia costituiscono solo requisiti minimi indicativi.

Tabella 31. Valori di k_{def}

Materiale	Riferimento	Classe di servizio		
		1	2	3
Legno massiccio	UNI EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Legno lamellare incollato *	UNI EN 14080	0,60	0,80	2,00
LVL	UNI EN 14374, UNI EN 14279	0,60	0,80	2,00
Compensato	UNI EN 636:2015		0,80	-
			0,80	1,00
			0,80	1,00
Pannelli di scaglie orientate (OSB)	UNI EN 300:2006	OSB/2	2,25	-
		OSB/3 OSB/4	1,50	2,25
Pannello di particelle (truciolare)	UNI EN 312:2010	Parte 4	2,25	-
		Parte 5	2,25	3,00
		Parte 6	1,50	-
		Parte 7	1,50	2,25
Pannello di fibre, pannelli duri	UNI EN 622-2::2005	HB.LA	2,25	-
		HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00
Pannello di fibre, pannelli semiduri	UNI EN 622-3:2005	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	-
		MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00
Pannello di fibra di legno, ottenuto per via secca (MDF)	UNI EN 622-5:2010	MDF.LA	2,25	-
		MDF.HLS	2,25	3,00

Per materiale posto in opera con umidità prossima al punto di saturazione delle fibre, e che possa essere soggetto a essiccazione sotto carico, il valore di k_{def} dovrà, in assenza di idonei provvedimenti, essere aumentato a seguito di opportune valutazioni, sommando ai termini della tabella un valore comunque non inferiore a 2,0.

Per i materiali non compresi nella Tabella si potrà fare riferimento ai pertinenti valori riportati nei riferimenti tecnici di comprovata validità indicati nel Capitolo 12, nel rispetto dei livelli di sicurezza delle presenti norme.

* I valori indicati si possono adottare anche per i pannelli di tavole incollate a strati incrociati, ma limitatamente alle classi di servizio 1 e 2.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

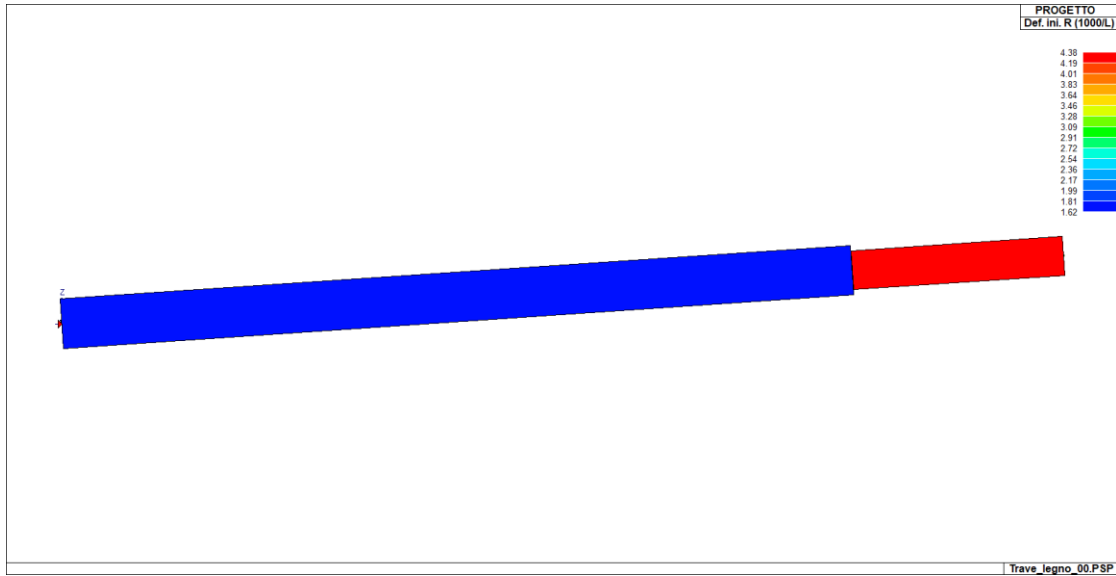


Figura 48. Freccia iniziale – Combinazione Rara

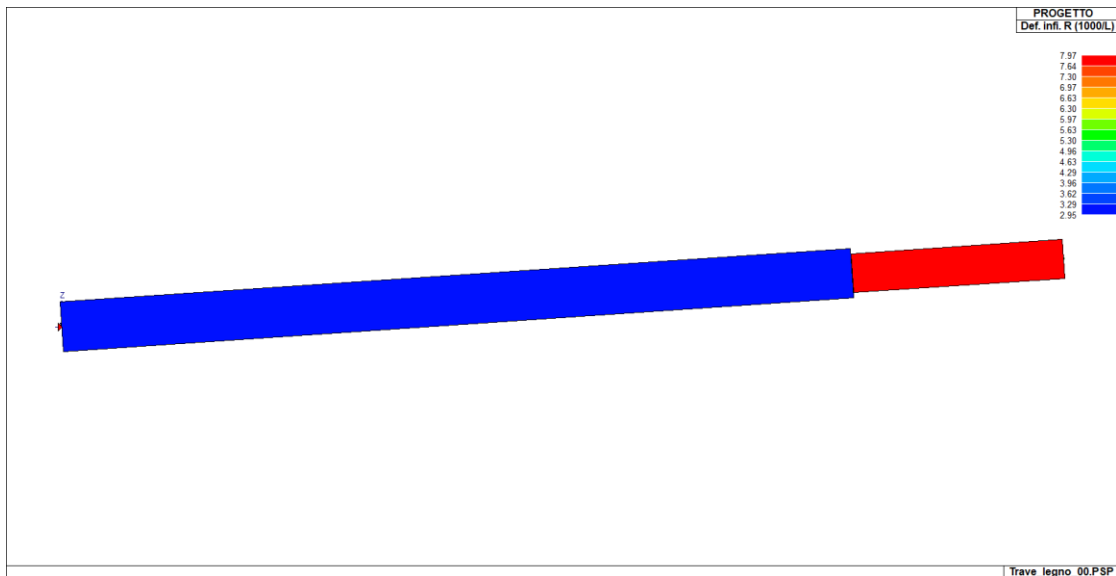


Figura 49. Freccia finale – Combinazione Rara

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Le immagini precedenti rappresentano, rispettivamente, la freccia iniziale in combinazione rara e la freccia finale, espresse come rapporto:

$$\text{freccia} = X \cdot L / 1000$$

dove:

- X è il valore riportato nella tabella mediante mappa di colore;
- L è la luce dell'elemento considerato (o il doppio dello sbalzo).

Nel caso specifico, la freccia massima ha il seguente valore:

- Freccia iniziale $L/457 < L/300$;
- Freccia finale $L/250 < L/200$.

Entrambe le verifiche sono soddisfatte



9. SOVRASTRUTTURA – ZONA LOCALI TECNICI

9.1 Modellazione della struttura

La tabella seguente riporta le caratteristiche geometriche del modello FEM realizzato

Tabella 32. Caratteristiche modello FEM sovrastruttura zona locali tecnici

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	3828
elementi D2	777
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	3419
elementi Wall	0
elementi solaio	0
elementi solidi	0
Elementi di tipo TRUSS	NO
Elementi di tipo BEAM	SI
Elementi di tipo PLATE	SI
Elementi di tipo WALL	NO
Orizzontamenti:	
Solai con la proprietà piano rigido	SI
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	NO

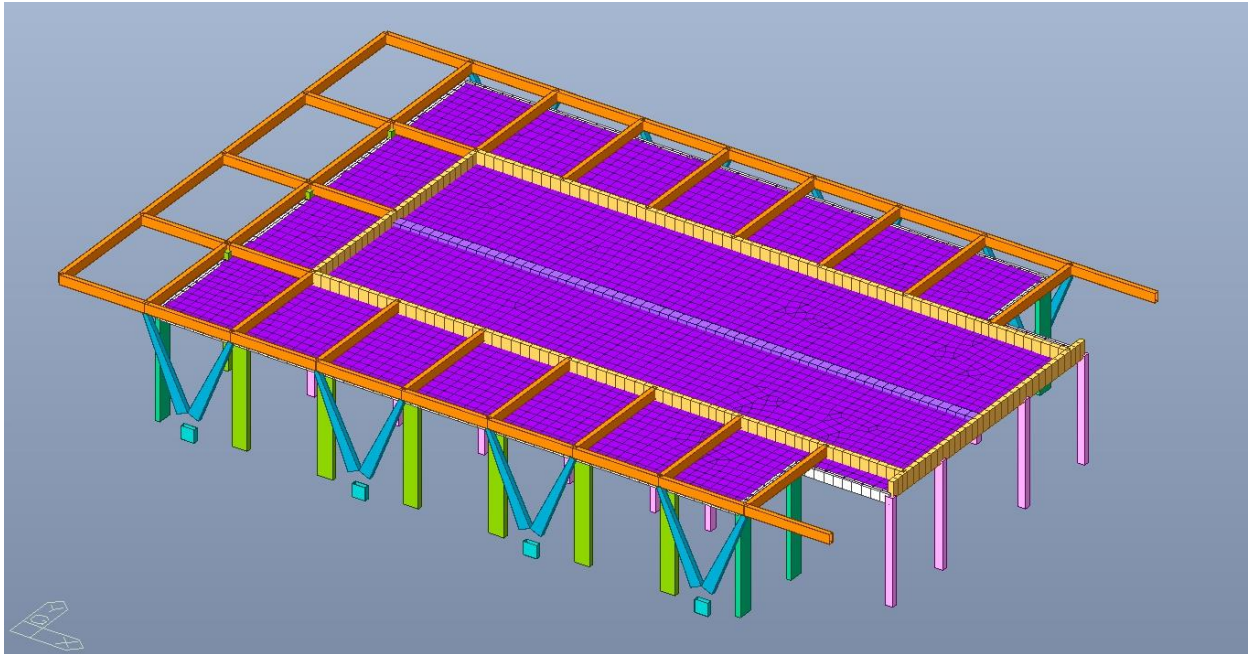


Figura 50. Sovrastruttura locali tecnici – Modello FEM Vista 1

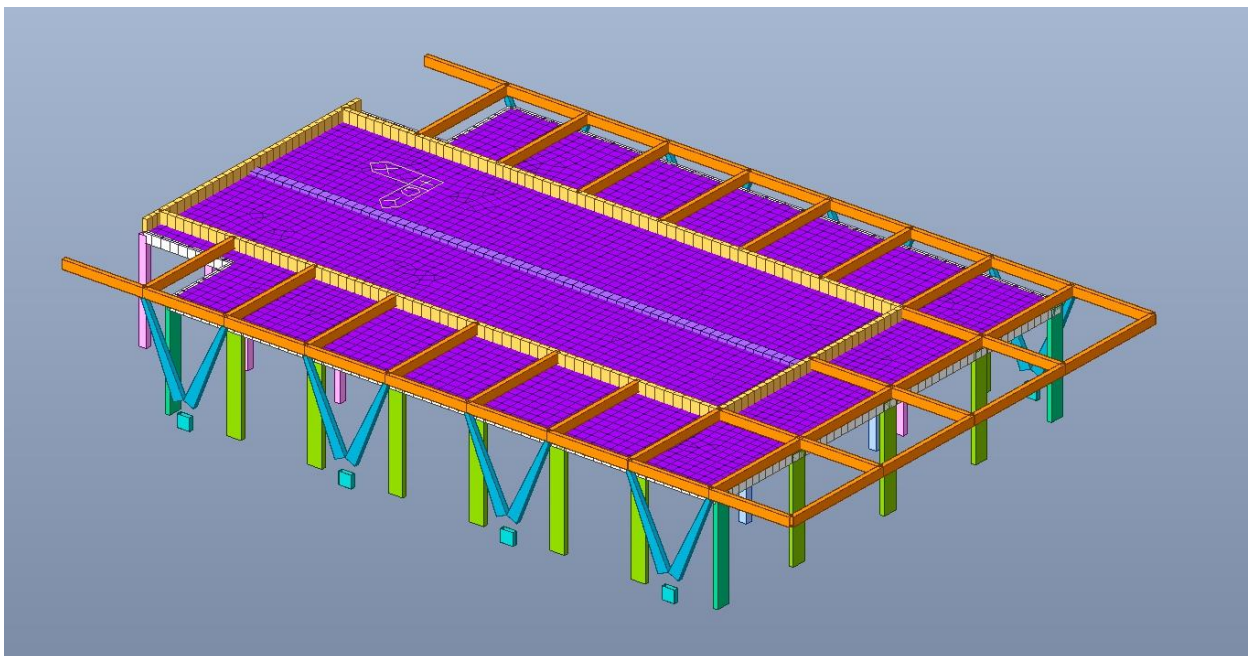


Figura 51. Sovrastruttura locali tecnici – Modello FEM Vista 2

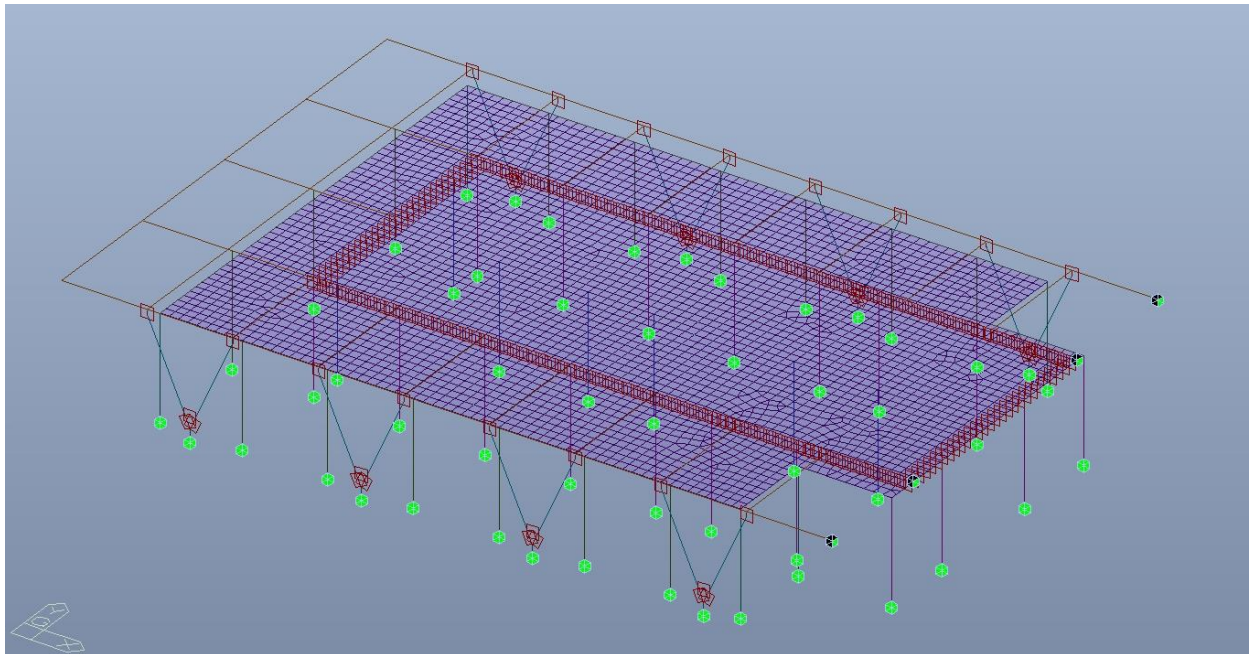


Figura 52. Sovrastruttura locali tecnici – Schema statico Vista 1

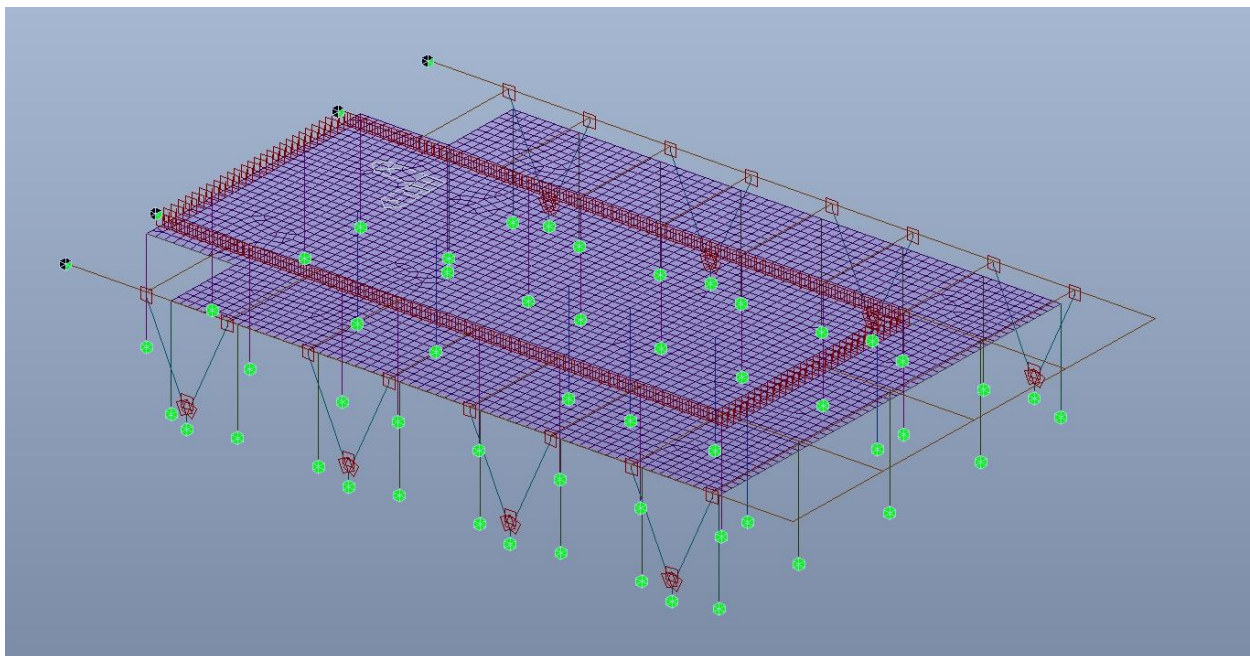


Figura 53. Sovrastruttura locali tecnici – Schema statico Vista 1



Vincoli:

- Incastri perfetti ai piedi dei pilastri;
- Incastro perfetto nodo trave-pilastro;
- Incastro perfetto nodo trave-trave.

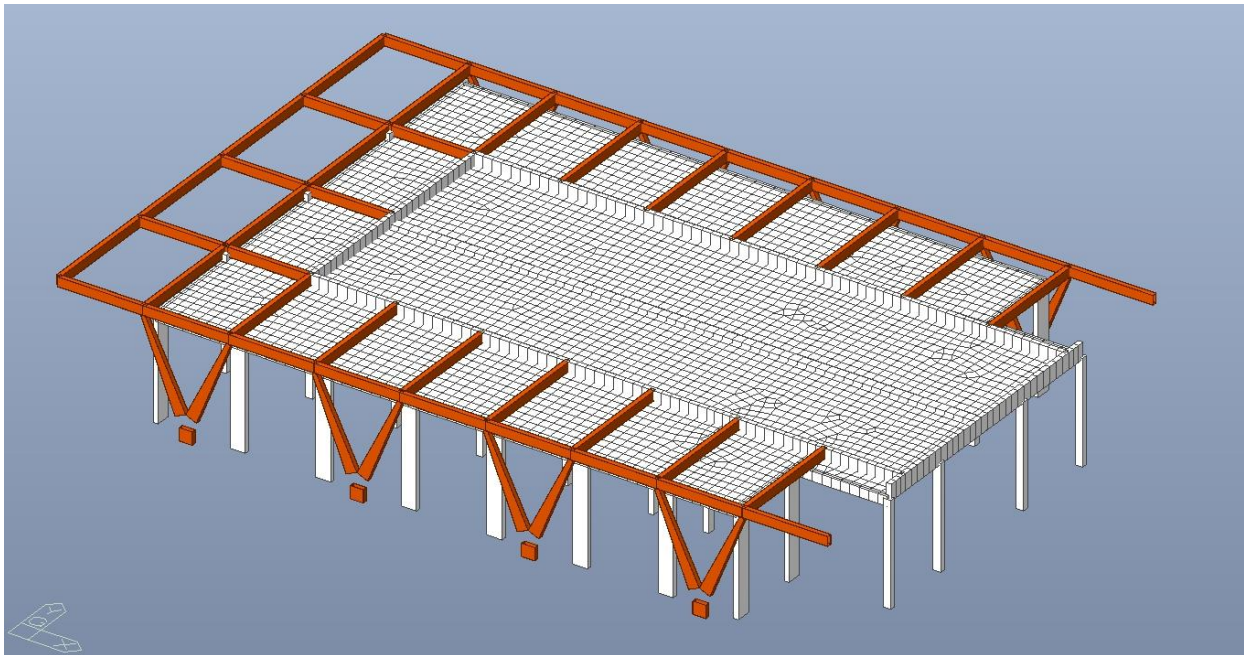


Figura 54. Sovrastruttura locali tecnici – Vista materiali

Nella tabella seguente sono indicate le caratteristiche geometriche delle sezioni degli elementi strutturali.

Tabella 33. Caratteristiche sezioni modello FEM

ID	Type	shape	Name	Area [mm2]	Asy [mm2]	Asz [mm2]	Ixx [mm4]	Iyy [mm4]	Izz [mm4]
1	DB/User	B	TR_250x500x10	14600	5000	10000	378897534	484486667	164361667
2	Tapered	B	PIL_V	17020	12420	5000	505365208	199229833	828495918
3	DB/User	B	PIL_BASE	18600	14000	5000	589749677	221995000	1119220000
4	DB/User	SB	P25x80	200000	166667	166667	3347006092	1041666667	1066666667
5	DB/User	SB	P25x80_275-0	200000	166667	166667	3347006092	1041666667	1066666667
6	DB/User	SB	P30x40	120000	100000	100000	1943850586	900000000	1600000000
7	DB/User	SB	P30x40_75-0	120000	100000	100000	1943850586	900000000	1600000000
8	DB/User	SB	TR_25x85_0-30	212500	177083	177083	3607282377	12794270833	1106770833
9	DB/User	SB	TR_50x40_0-75	200000	166667	166667	5474167467	2666666667	4166666667
10	DB/User	SB	TR_25x50	125000	104167	104167	1788126628	2604166667	651041667
11	DB/User	SB	P40x40	160000	133333	133333	3600000000	2133333333	2133333333



9.2 Modellazione delle azioni

Di seguito si riportano i carichi applicati sul modello FEM realizzato.

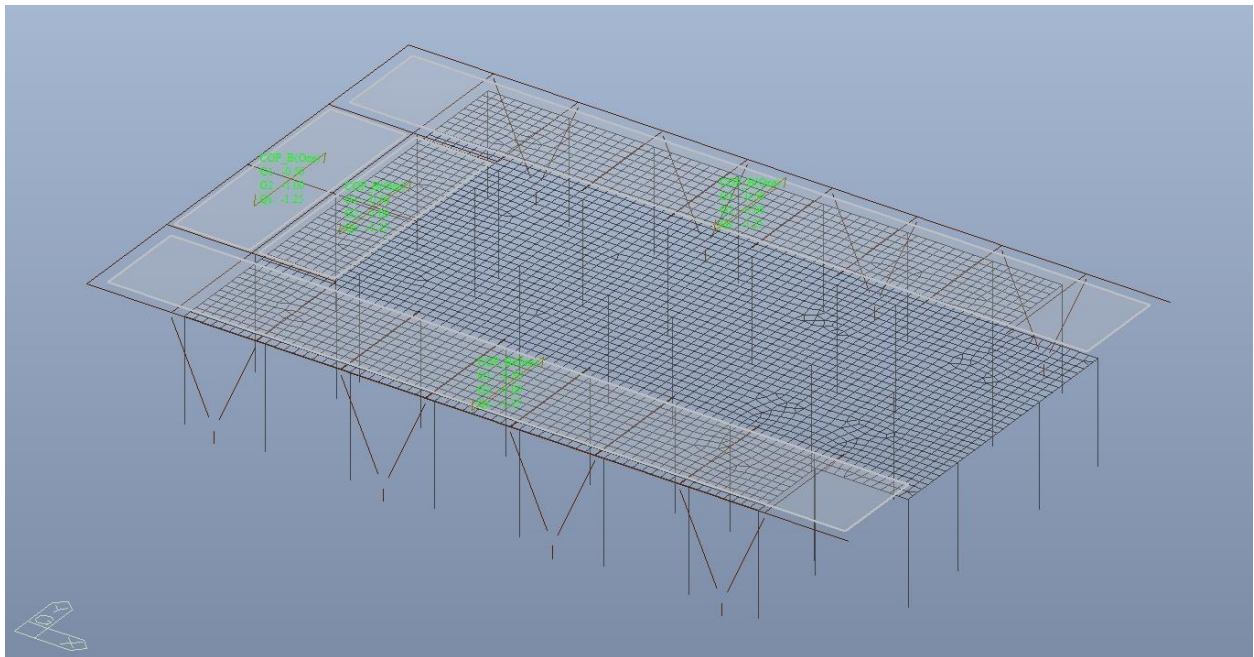


Figura 55. Sovrastruttura locali tecnici – Carichi di piano G_1 - G_2 - Q

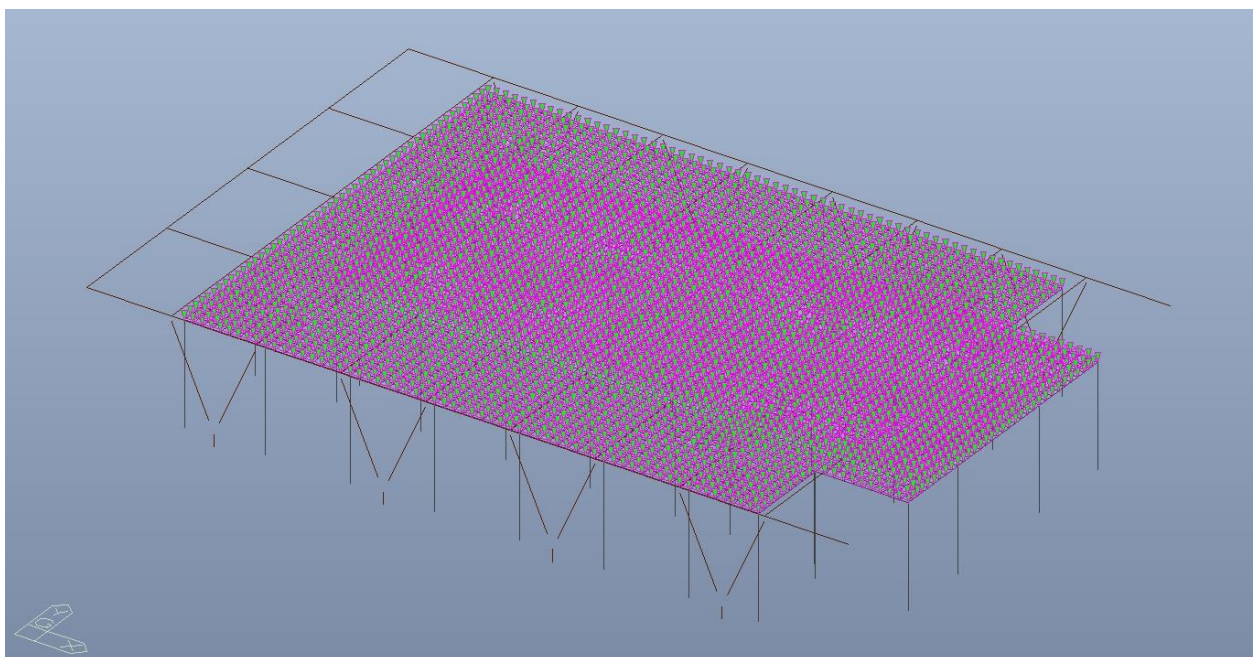


Figura 56. Sovrastruttura locali tecnici – Carichi G_2 soletta di copertura

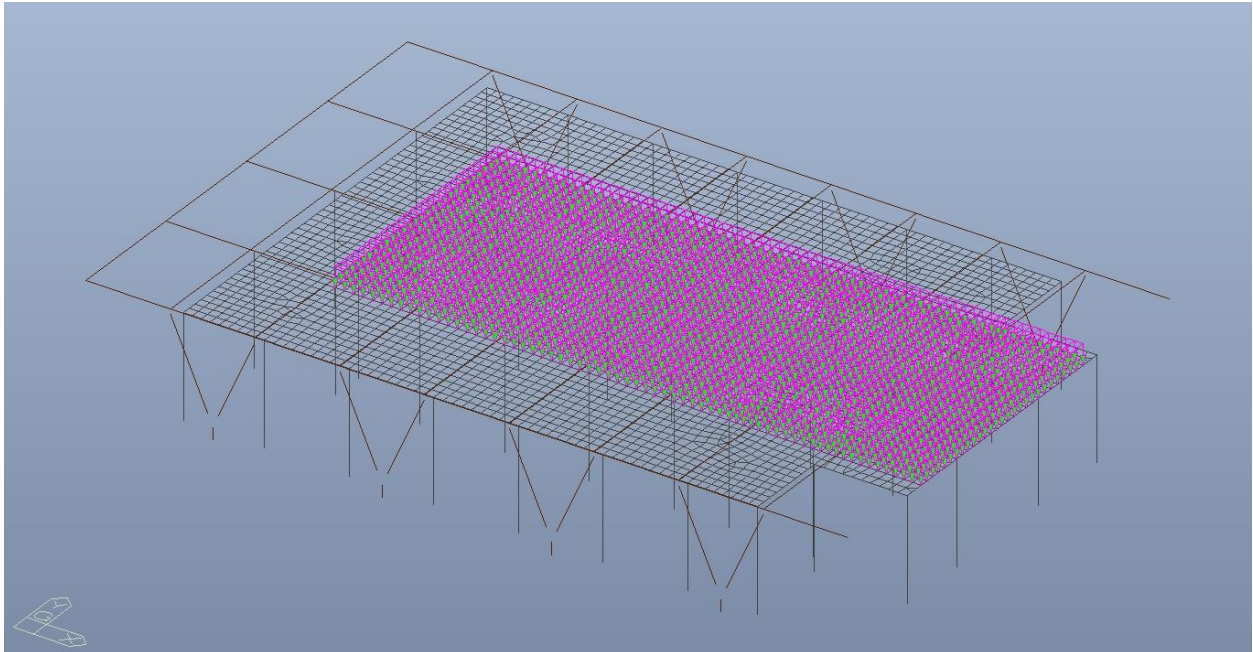


Figura 57. Sovrastruttura locali tecnici – Carico neve Q_s soletta di copertura

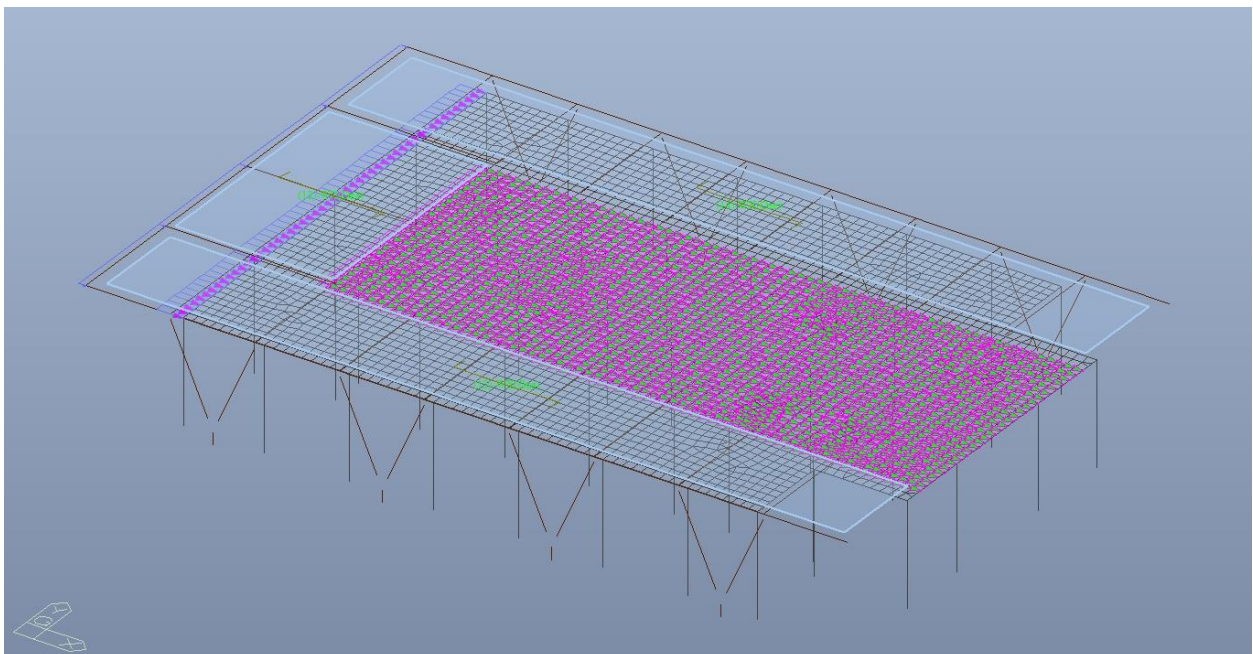


Figura 58. Sovrastruttura locali tecnici – Vento in direzione X+

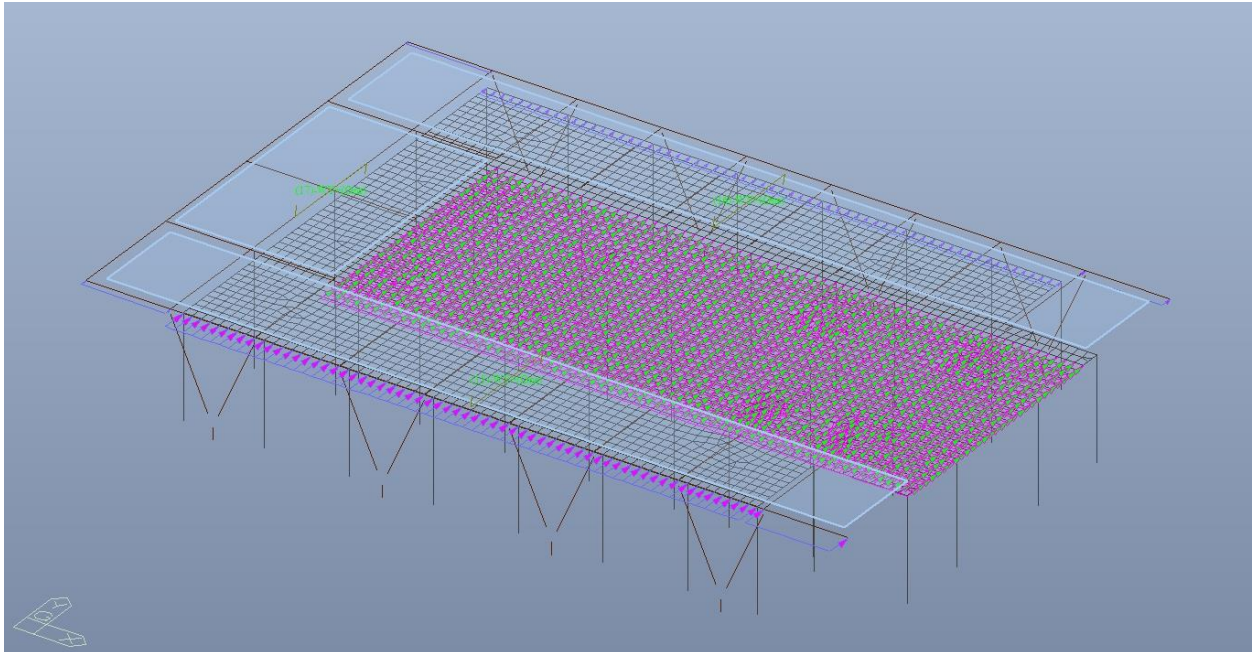


Figura 59. Sovrastruttura locali tecnici – Vento in direzione Y+

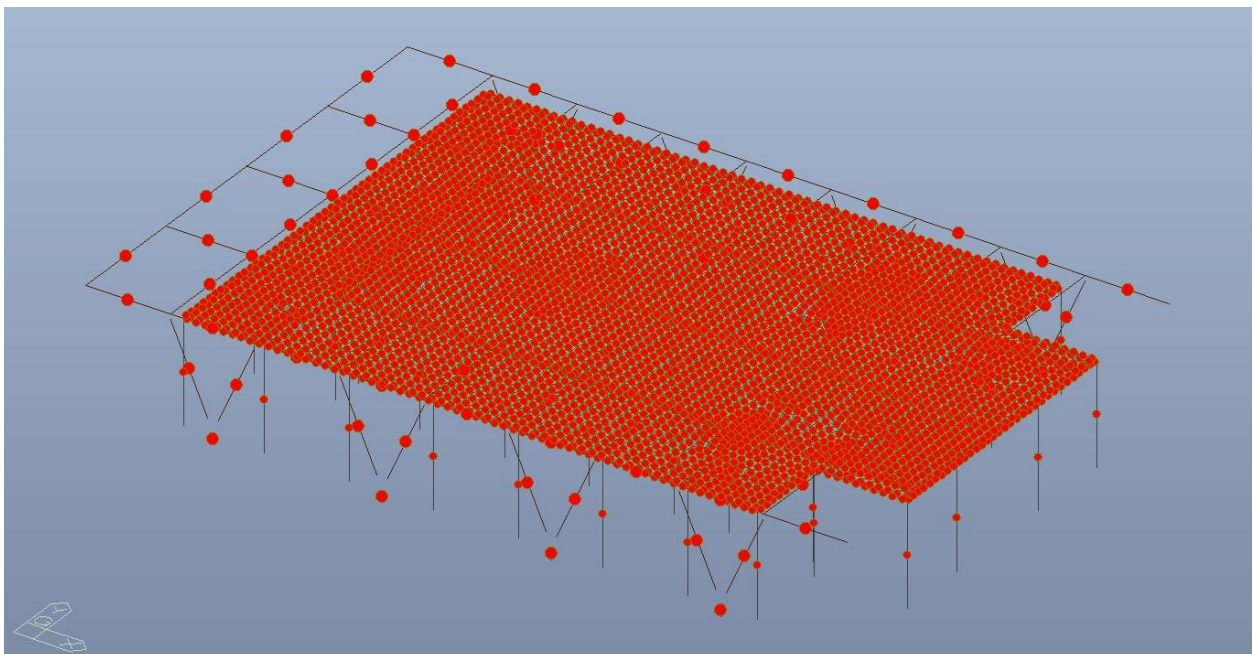


Figura 60. Sovrastruttura locali tecnici – Azione termica



9.3 Verifica di rigidezza – SLO

La condizione in termini di rigidezza sulla struttura si ritiene soddisfatta qualora la conseguente deformazione degli elementi strutturali non produca sugli elementi non strutturali danni tali da rendere la costruzione temporaneamente inagibile.

Nel caso delle costruzioni civili e industriali di classe d'uso III tale condizione si può ritenere soddisfatta quando gli spostamenti di interpiano, ottenuti dall'analisi in presenza dell'azione sismica di progetto corrispondente allo SLO, sono inferiori ai 2/3 dei limiti indicati al Par. 7.3.6.1, in tale caso pari a 0.005 (tamponature collegate rigidamente alla struttura).

$$qd_r \leq 0.0050 \cdot h$$

dove:

- q è il fattore di struttura per il relativo Stato;
- d_r è il massimo spostamento relativo;
- h è l'altezza di interpiano.

Le immagini seguenti riportano i massimi/minimi spostamenti XY.

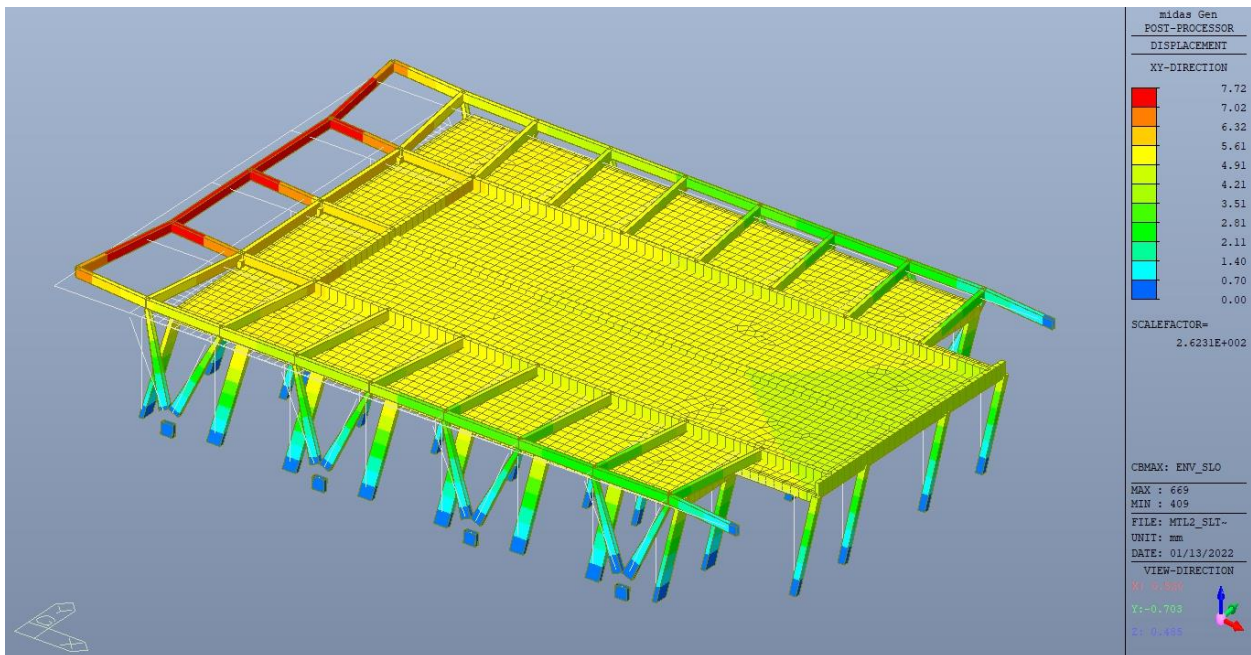


Figura 61. Sovrastruttura locali tecnici – Massimo spostamento XY SLO

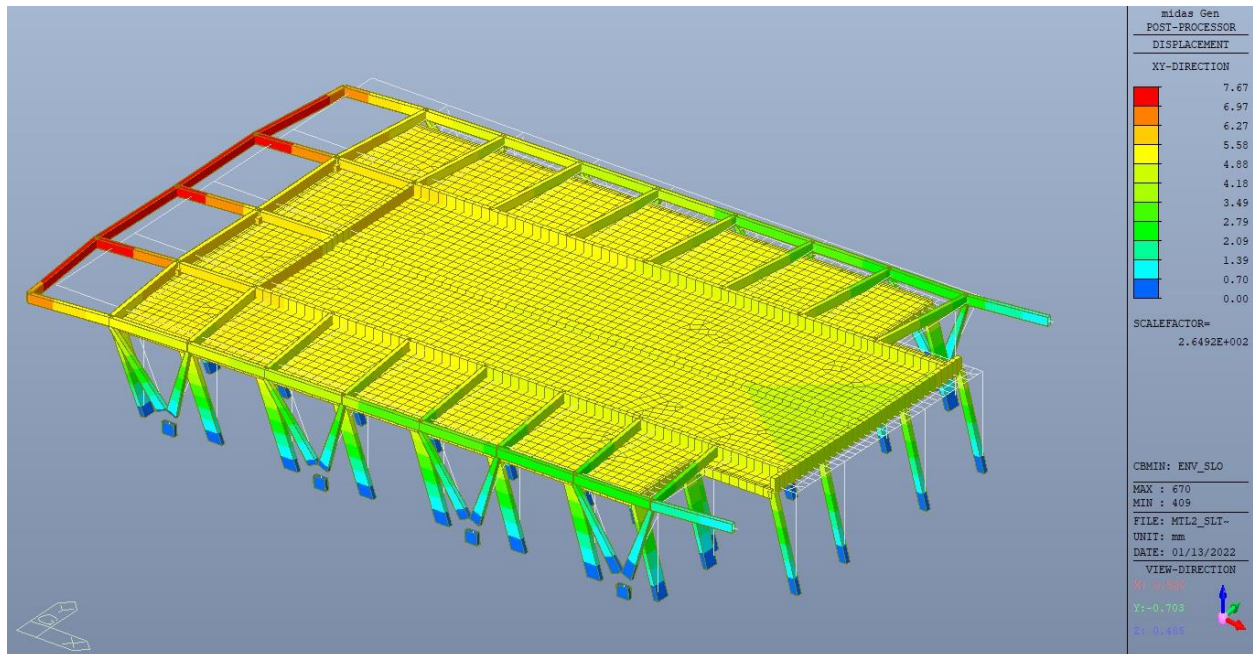


Figura 62. Sovrastruttura locali tecnici – Minimo spostamento XY SLO

In questo caso:

- $q = 1$;
- $d_{r,max/min} = 7.72 \text{ mm}$
- $h = 5480 \text{ mm}$

$$1 \cdot 7.72 \leq \frac{2}{3} \cdot 0.0050 \cdot 5480 = 18.27$$

La verifica è soddisfatta.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

9.4 Verifica di resistenza – SLD

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda allo SLD.

Essendo una struttura a comportamento NON dissipativo, il fattore di struttura q_{SLV} e q_{SLD} coincidono e sono entrambi pari a 1; inoltre la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico.

In questo caso, come riportato nelle figure n.11 e n.12, essendo lo spettro SLD sempre inferiore allo spettro SLV, si può ritenere tale verifica non significativa e di conseguenza automaticamente soddisfatta.

9.5 Verifica di resistenza – SLU/SLV

Si deve verificare che i singoli elementi strutturali e la struttura nel suo insieme possiedano una capacità in resistenza sufficiente a soddisfare la domanda sia allo SLV che allo SLU.

Essendo una struttura a comportamento NON dissipativo la capacità delle membrature è calcolata con riferimento al loro comportamento elastico o sostanzialmente elastico.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

9.5.1 Sollecitazioni

A seguire si riportano gli involuipi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV, rispettivamente per gli elementi beam (travi e pilastri) che per gli elementi plate (soletta di copertura).

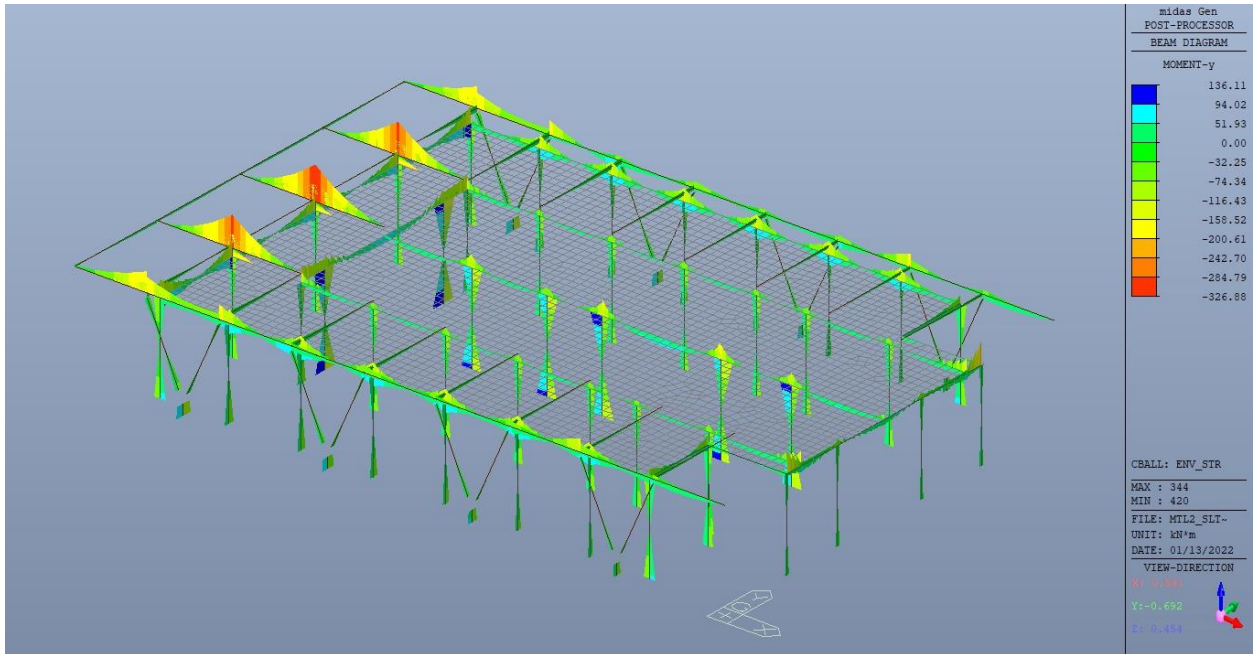


Figura 63. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo momento flettente M_y SLU

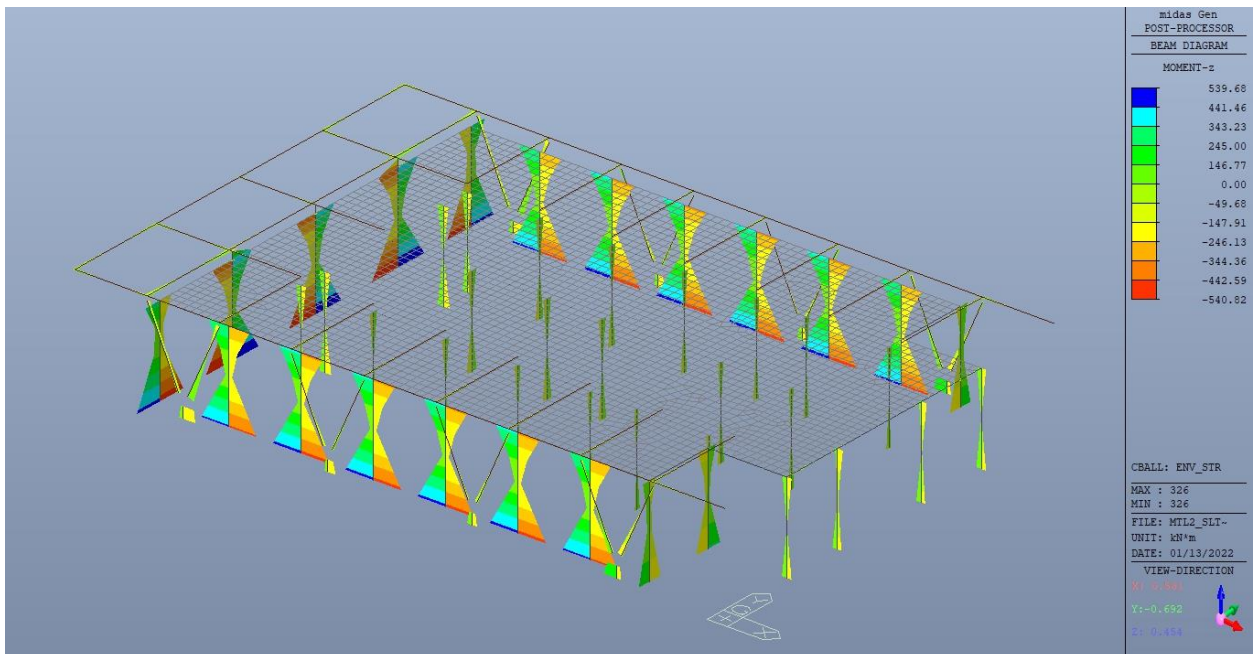


Figura 64. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo momento flettente M_z SLU

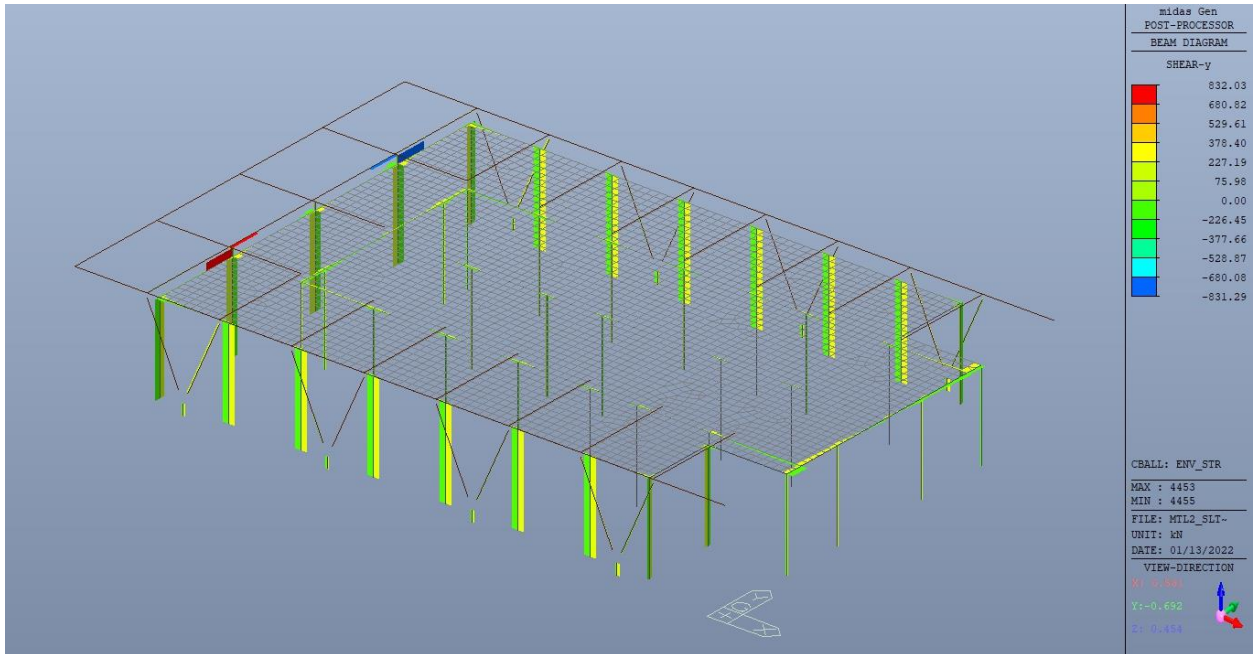


Figura 65. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo taglio V_y SLU

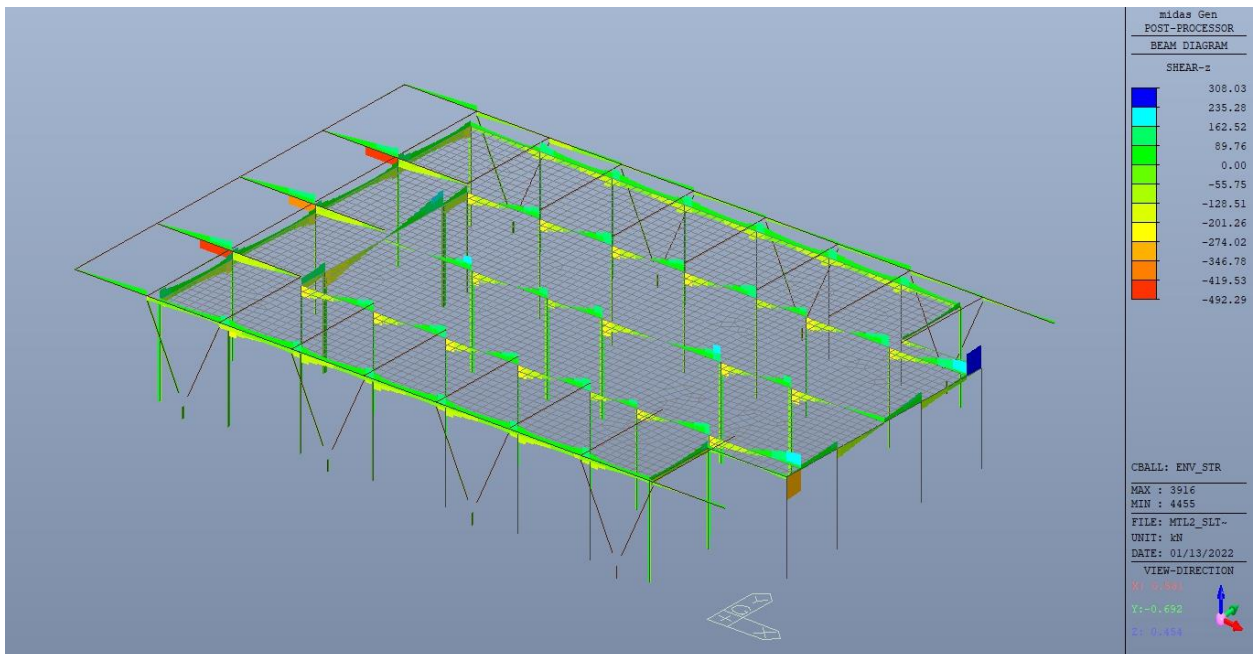


Figura 66. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo taglio V_z SLU



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

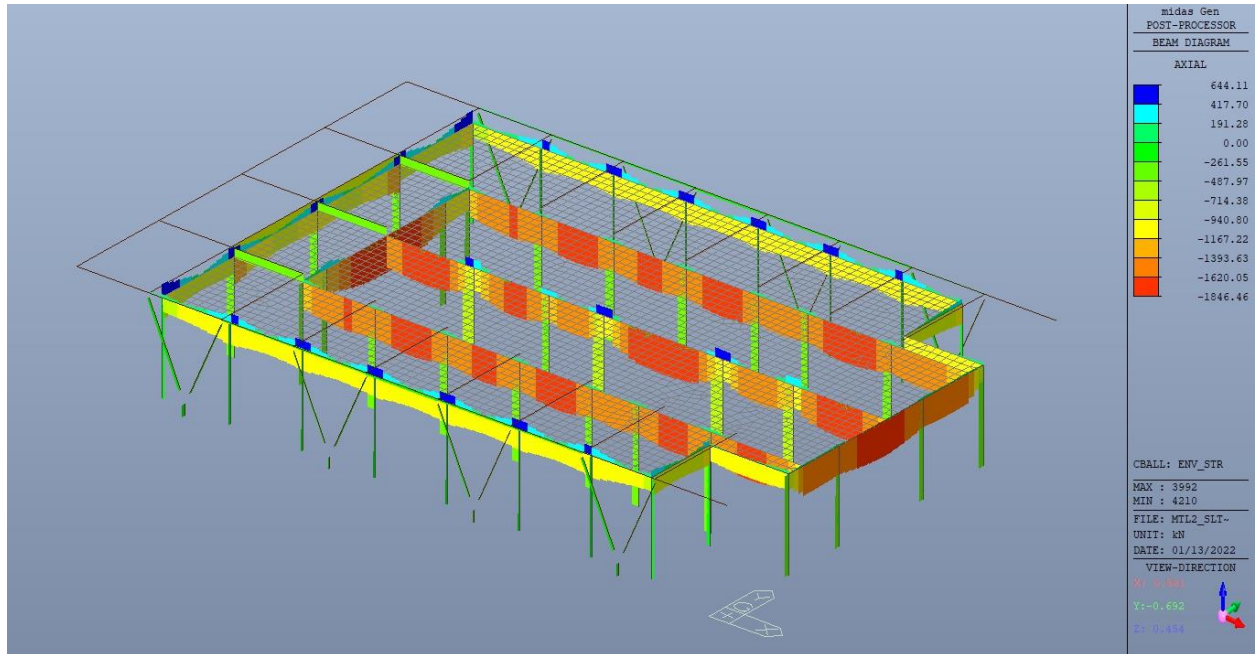


Figura 67. Sovrastruttura locali tecnici – Involuppo azione assiale N SLU

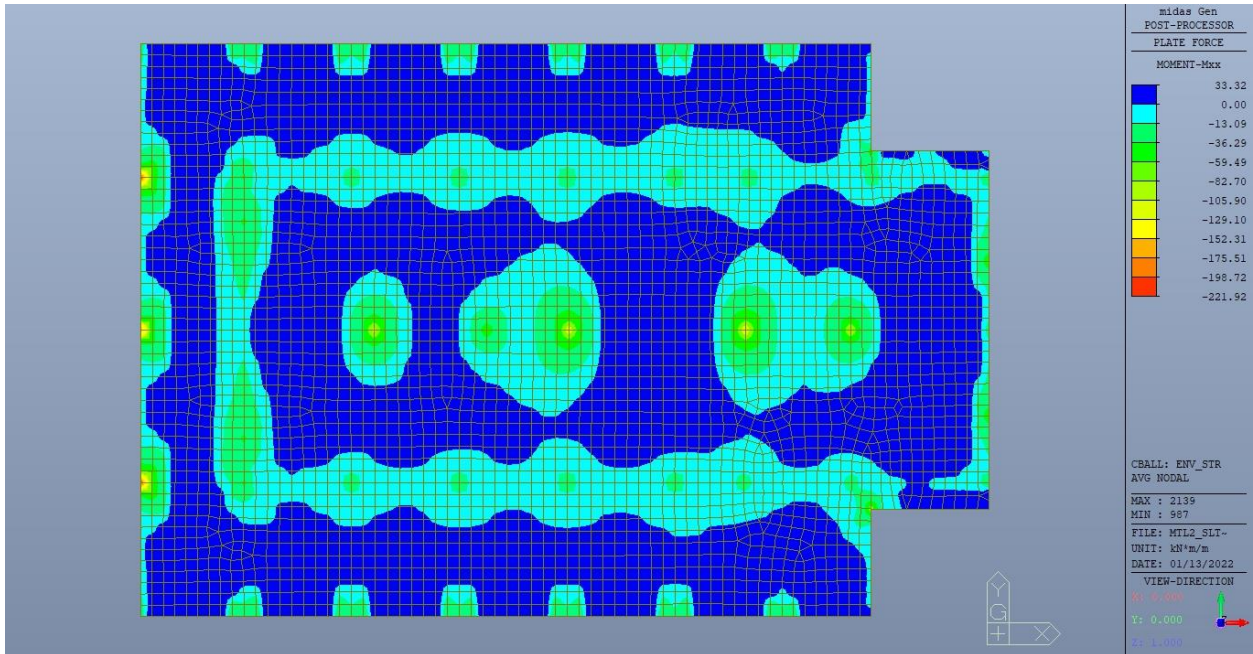


Figura 68. Soletta di copertura – Involuppo momento flettente M_{xx} SLU

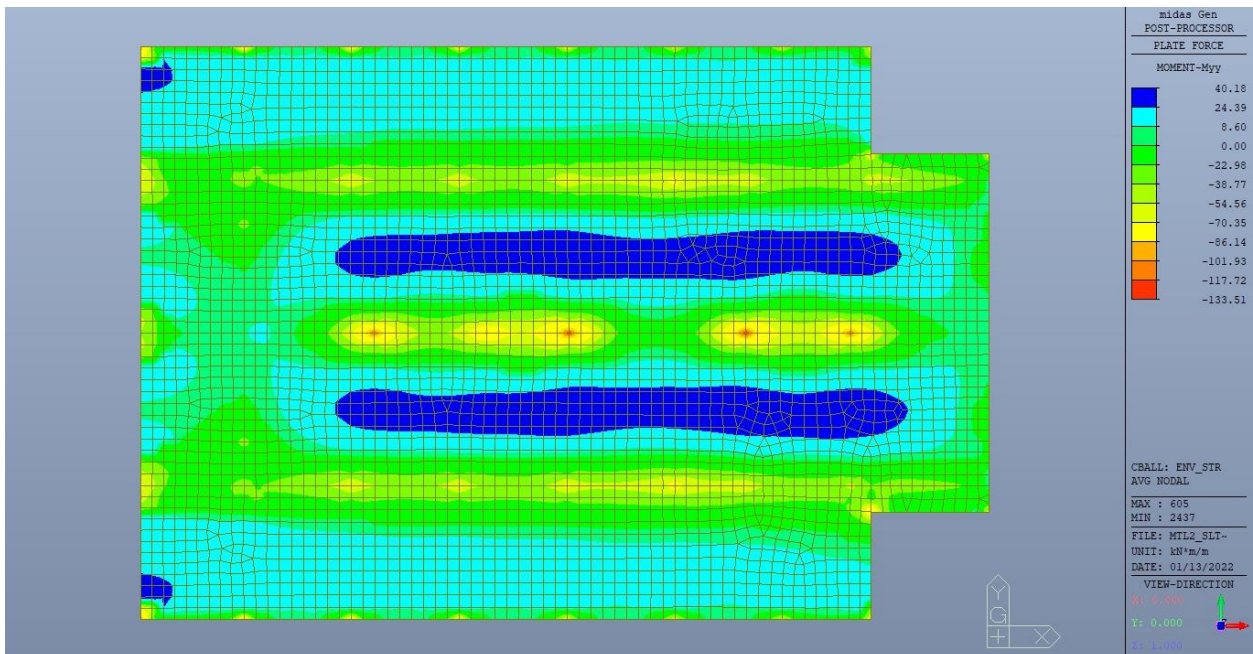


Figura 69. Soletta di copertura – Involuppo momento flettente M_{yy} SLU

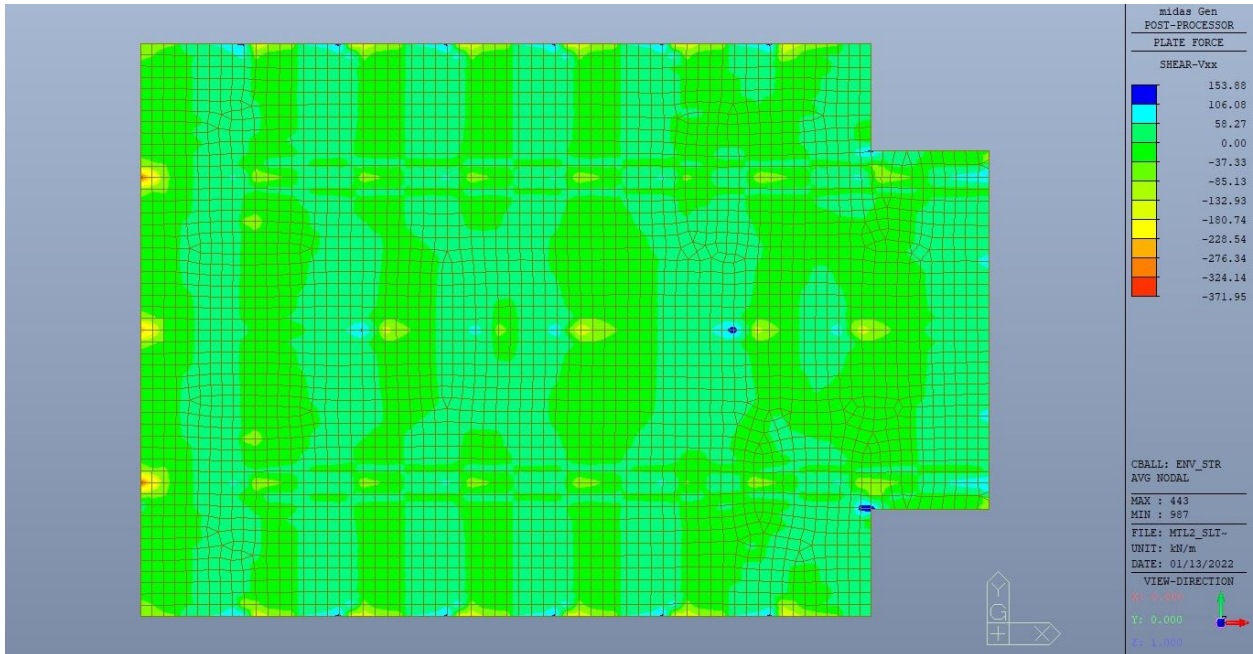


Figura 70. Soletta di copertura – Involuppo taglio V_{xx} SLU

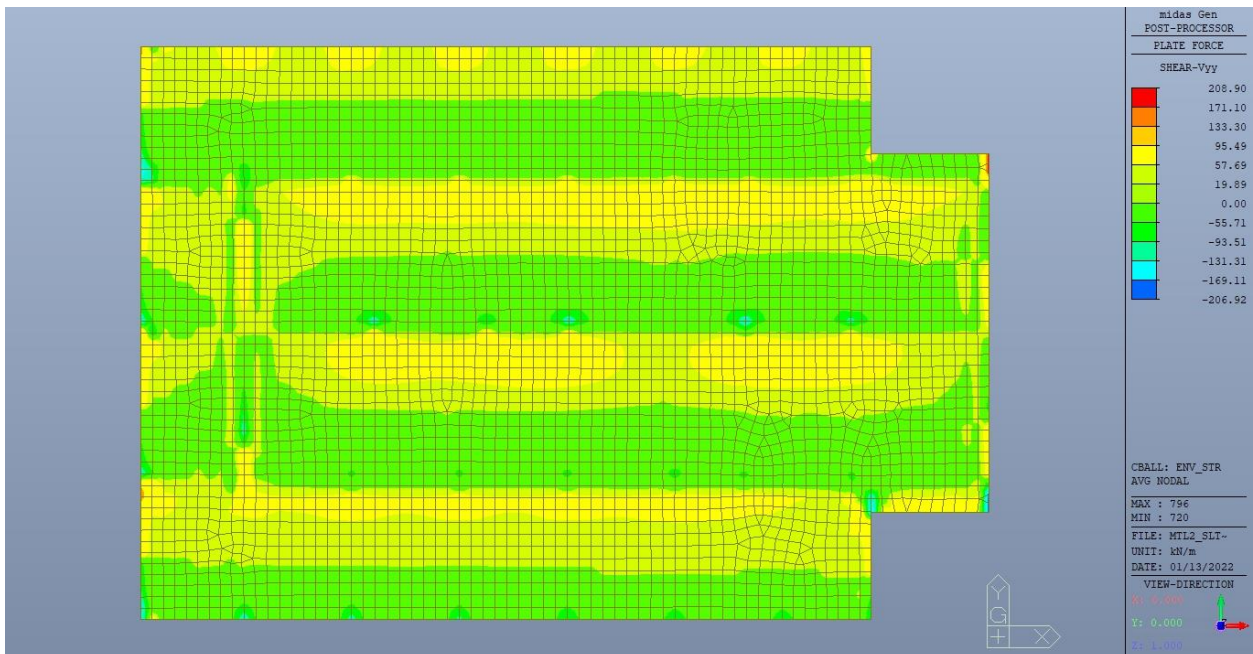


Figura 71. Soletta di copertura – Involuppo taglio V_{yy} SLU



9.5.2 Verifica elementi in carpenteria metallica

Trattandosi di struttura a comportamento non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al par. 4.2 delle citate norme, senza nessun requisito aggiuntivo, il quale calcola i valori di resistenza sulla base della classificazione della sezione (classe 1-2-3-4) [par. 4.2.3.1].

Nelle seguenti immagini vengono riportati i tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

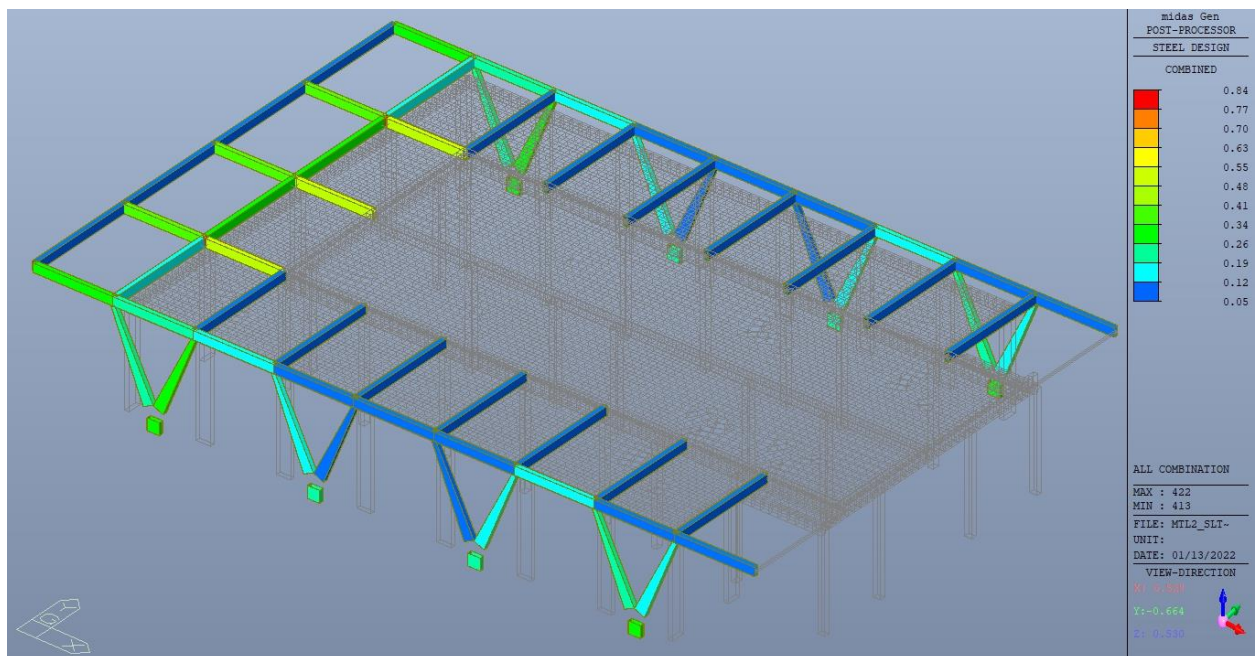


Figura 72. Sovrastruttura locali tecnici – Tasso di lavoro elementi in carpenteria metallica



Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , m Primary Sorting Option

Sorted by Member Property Change... Update... SECT MEMB

CH K	MEMB COM	SECT SHR	SE L	Section		LCB	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def
				Material	Fy		Lb	Lz	Kz	Bmz	N,Rd	Mb,Rd	My,Rd	Mz,Rd	Vy,Rd	Vz,Rd	T,Rd	Defa
OK	422	1	☐	TR_250x500x10		12	0.19700	0.19700	1.000	1.000	18.2150	-242.20	-242.20	-98.254	823.721	107.934	-	0.00195
				S355	355000		0.19700	0.19700	1.000	1.000	4936.19	0.00000	803.652	495.140	975.997	1951.99	-	0.01721
OK	189	2	☐	PIL_V		11	4.81783	4.81783	1.000	0.850	-114.80	-16.897	-16.897	-60.211	36.0813	5.97676	-	0.00450
				S355	355000		4.81783	4.81783	1.000	0.850	3124.00	0.00000	277.678	263.620	905.725	975.997	-	0.01606
OK	193	3	☐	PIL_BASE		29	0.66900	0.66900	2.315	0.850	-92.385	93.7593	93.7593	43.1550	36.1694	26.9568	-	0.00018
				S355	355000		0.66900	0.66900	2.315	0.850	5318.37	0.00000	398.444	1081.15	2324.67	975.997	-	0.00223

Connect Model View View Result Ratio... Result View Option

All OK NG

Select All Unselect All Re-calculation << Graphic... Detail... Summary... Close Summary by LCB... Copy Table

Figura 73. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche elementi in carpenteria metallica

Di seguito si riportano le verifiche per esteso delle differenti tipologie strutturali, e la verifica dettagliata Step-by-Step (listato) dell'elemento più sollecitato.



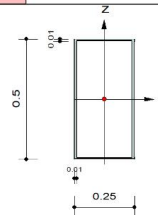
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, m
 Member No 422
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name TR_250x500x10 (No:1)
 (Built-up Section).
 Member Length : 0.19700



2. Member Forces

Axial Force Fxx = 18.2150 (LCB: 12, POS:J)
 Bending Moments My = -242.20, Mz = -98.254
 End Moments Myi = -221.32, Myj = -242.20 (for Ly)
 Myi = -221.32, Myj = -242.20 (for Ly)
 Mzi = 63.9860, Mzj = -98.254 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 823.721 (LCB: 12, POS:J)
 Fzz = 136.604 (LCB: 4, POS:J)

Depth	0.50000	Web Thick	0.01000
Flg Width	0.25000	Top F Thick	0.01000
Web Center	0.24000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.01460	Asz	0.01000
Qyb	0.05942	Qzb	0.03661
Iyy	0.00048	Izz	0.00016
Ybar	0.12500	Zbar	0.25000
Wely	0.00194	Welz	0.00131
ry	0.18216	rz	0.10610

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 0.19700, Lz = 0.19700, Lb = 0.19700
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 1.00, Cmz = 1.00, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 60.1 < 200.0$ (Memb:413, LCB: 17)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/N_{Rd} = 18.21/4936.19 = 0.004 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 242.204/803.652 = 0.301 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 98.254/495.140 = 0.198 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{MNRd} = \text{MAX}[M_{Edy}/M_{ny_Rd}, M_{Edz}/M_{nz_Rd}]$
 $R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{ny_Rd})^\alpha + (M_{Edz}/M_{nz_Rd})^\beta$
 $R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \text{Gamma}_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y_Rd} + M_{Edz}/M_{z_Rd}$
 $R_{max} = \text{MAX}[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM})] = 0.682 < 1.000$ O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y_Rd} = 0.844 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z_Rd} = 0.070 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/250.0 = 0.0172 > 0.0019$ (Memb:4257, LCB: 85, POS: 1.7m, Dir-Z)..... O.K

Figura 74. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave



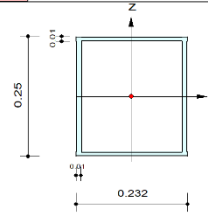
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...Mtl2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, m
 Member No 189
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name PIL_V (No:2)
 Position I BB 250x621x10/10 (Tapered Section)
 Position J : BB 250x232x10/10
 Member Length : 4.81783



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -114.80 (LCB: 11, POS:J)
 Bending Moments My = -16.897, Mz = -60.211
 End Moments Myi = 11.8977, Myj = -16.897 (for Lb)
 Myi = 11.8977, Myj = -16.897 (for Ly)
 Mzi = 108.012, Mzj = -60.211 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 36.0813 (LCB: 11, POS:J)
 Fzz = 12.1912 (LCB: 45, POS:1/2)

Depth	0.25000	Web Thick	0.01000
Flg Width	0.23200	Top F Thick	0.01000
Web Center	0.22200	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.00924	Asz	0.00500
Qyb	0.02053	Qzb	0.01949
Iyy	0.00009	Izz	0.00008
Ybar	0.11600	Zbar	0.12500
Wely	0.00070	Welz	0.00067
ry	0.09711	rz	0.09160

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 4.81783, Lz = 4.81783, Lb = 4.81783
 Effective Length Factors Ky = 1.00, Kz = 1.00
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 52.6 < 200.0$ (Memb:189, LCB: 11)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/MIN[Nc_{Rd}, Nb_{Rd}] = 114.80/3124.00 = 0.037 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 16.897/277.678 = 0.061 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 60.211/263.620 = 0.228 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{MNRd} = MAX[M_{Edy}/M_{ny_{Rd}}, M_{Edz}/M_{nz_{Rd}}]$
 $R_{BiM} = (M_{Edy}/M_{ny_{Rd}})^{\alpha} + (M_{Edz}/M_{nz_{Rd}})^{\beta}$
 $R_{byN} = N_{Ed}/(A \cdot f_y / \gamma_{M0})$, $R_{byM} = M_{Edy}/M_{y_{Rd}} + M_{Edz}/M_{z_{Rd}}$
 $R_{c.LT1} = N_{Ed}/(X_{iy} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{b.LT1} = (k_{yy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i.LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (k_{yz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{c.LT2} = N_{Ed}/(X_{iz} \cdot A \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{b.LT2} = (K_{zy} \cdot M_{Edy}) / (X_{i.LT} \cdot W_{ply} \cdot f_y / \gamma_{M1}) + (K_{zz} \cdot M_{Edz}) / (W_{plz} \cdot f_y / \gamma_{M1})$
 $R_{max} = MAX[R_{MNRd}, R_{BiM}, (R_{byN} + R_{byM}), MAX(R_{c.LT1} + R_{b.LT1}, R_{c.LT2} + R_{b.LT2})] = 0.326 < 1.000$.. O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y_{Rd}} = 0.040 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z_{Rd}} = 0.012 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 0.0161 > 0.0045$ (Memb:191, LCB: 87, Dir-X) O.K
 Modeling, Integrated Design & Analysis Software
 http://www.MidasUser.com
 Gen 2021
 Print Date/Time : 01/13/2022 12:04

Figura 75. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro sezione variabile



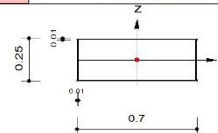
midas Gen

Steel Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...M.L2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

1. Design Information

Design Code Eurocode3:05
 Unit System kN, m
 Member No 193
 Material S355 (No:1)
 (Fy = 355000, Es = 210000000)
 Section Name PIL_BASE (No:3)
 (Built-up Section).
 Member Length : 0.66900



2. Member Forces

Axial Force Fxx = -92.385 (LCB: 29, POS:1)
 Bending Moments My = 93.7593, Mz = 43.1550
 End Moments Myi = 93.7593, Myj = 75.7253 (for Lb)
 Myi = 93.7593, Myj = 75.7253 (for Ly)
 Mzi = 43.1550, Mzj = 18.9577 (for Lz)
 Shear Forces Fyy = 46.1303 (LCB: 21, POS:1)
 Fzz = 26.9568 (LCB: 29, POS:1/2)

Depth	0.25000	Web Thick	0.01000
Flg Width	0.70000	Top F Thick	0.01000
Web Center	0.69000	Bot.F Thick	0.01000
Area	0.01860	Asz	0.00500
Qyb	0.04861	Qzb	0.10093
Iyy	0.00022	Izz	0.00112
Ybar	0.35000	Zbar	0.12500
Wely	0.00178	Welz	0.00320
ry	0.10925	rz	0.24530

3. Design Parameters

Unbraced Lengths Ly = 0.66900, Lz = 0.66900, Lb = 0.66900
 Effective Length Factors Ky = 2.31, Kz = 2.31
 Equivalent Uniform Moment Factors Cmy = 0.85, Cmz = 0.85, CmLT = 1.00

4. Checking Result

Slenderness Ratio
 $KL/r = 14.2 < 200.0$ (Memb:193, LCB: 29)..... O.K
 Axial Resistance
 $N_{Ed}/MIN[N_{c,Rd}, N_{b,Rd}] = 92.39/5318.37 = 0.017 < 1.000$ O.K
 Bending Resistance
 $M_{Edy}/M_{Rdy} = 93.759/398.444 = 0.235 < 1.000$ O.K
 $M_{Edz}/M_{Rdz} = 43.16/1081.15 = 0.040 < 1.000$ O.K
 Combined Resistance
 $R_{b,N} = N_{Ed}/(A_{eff}f_y/\Gamma_{M0})$, $R_{b,M} = (M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/M_{y,Rd} + (M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/M_{z,Rd}$
 $R_{c,LT1} = N_{Ed}/(X_{iy}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b,LT1} = k_{yy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i,LT1}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{yz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{c,LT2} = N_{Ed}/(X_{iz}A_{eff}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{b,LT2} = k_{zy}(M_{Edy}+N_{Ed}e_{Ny})/(X_{i,LT2}W_{effy}f_y/\Gamma_{M1}) + k_{zz}(M_{Edz}+N_{Ed}e_{Nz})/(W_{effz}f_y/\Gamma_{M1})$
 $R_{max} = MAX[R_{b,N}+R_{b,M}, MAX(R_{c,LT1}+R_{b,LT1}, R_{c,LT2}+R_{b,LT2})] = 0.301 < 1.000$... O.K
 Shear Resistance
 $V_{Edy}/V_{y,Rd} = 0.020 < 1.000$ O.K
 $V_{Edz}/V_{z,Rd} = 0.028 < 1.000$ O.K

5. Deflection Checking Results

$L/300.0 = 0.0022 > 0.0002$ (Memb:190, LCB: 88, Dir-Y)..... O.K

Figura 76. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica base pilastro



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

Table with columns: MIDAS, Company, Author, Client, File Name. Values: Ing. Luca Sampietro, MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

Table with 5 columns: Line number, Status, SW, G1, G2. Contains 38 rows of structural analysis data.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

39	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E+(-0.300) +	SLV_Y_E+(-1.000)	
40	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E+(0.300) +	SLV_Y_E+(-1.000)	
41	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E-(-0.300) +	SLV_Y_E+(-1.000)	
42	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E- (0.300) +	SLV_Y_E+(-1.000)	
43	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E+(-0.300) +	SLV_Y_E-(-1.000)	
44	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E+ (0.300) +	SLV_Y_E-(-1.000)	
45	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E-(-0.300) +	SLV_Y_E-(-1.000)	
46	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X_E- (0.300) +	SLV_Y_E-(-1.000)	
79	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	DT (0.600)	
80	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	DT (1.000)	
81	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WX (0.600) +	DT (0.600)
82	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WY+(0.600) +	DT (0.600)
83	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (0.600) +	DT (1.000)
84	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+(0.600) +	DT (1.000)
85	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WX(-0.600) +	DT (0.600)
86	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (1.000) +	WY+(-0.600) +	DT (0.600)
87	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX(-0.600) +	DT (1.000)
88	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+(-0.600) +	DT (1.000)
89	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX (1.000) +	DT (0.600)
90	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+(1.000) +	DT (0.600)
91	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WX(-1.000) +	DT (0.600)
92	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.500) +	WY+(-1.000) +	DT (0.600)
93	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	Qs (0.200)		
94	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	DT (0.500)		
95	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	WX (0.200)		
96	2		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	WY+(0.200)		



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company	Client	
	Author	File Name	
	Ing. Luca Sampietro	MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs	

```

-----
midas Gen - Steel Code Checking [ Eurocode3:05 ]                               Gen 2021
-----
  97  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
        +      WX (-0.200)
  98  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
        +      WY+ (-0.200)
  99  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
-----

```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```

* . PROJECT      :
* . MEMBER NO   = 422, ELEMENT TYPE = Beam
* . LOADCOMB NO = 12, MATERIAL NO  = 1, SECTION NO  = 1
* . UNIT SYSTEM : kN, m

* . SECTION PROPERTIES : Designation = TR_250x500x10
  Shape = B - Section. (Built-up)
  Depth = 0.500, Flg Width = 0.250, Web Center = 0.240
  Web Thick = 0.010, Top F Thick = 0.010, Bot.F Thick = 0.010

  Area = 1.46000e-002, Avy = 5.00000e-003, Avz = 1.00000e-002
  Ybar = 1.25000e-001, Zbar = 2.50000e-001, Qyb = 5.94250e-002, Qzb = 3.66125e-002
  Wely = 1.93795e-003, Welz = 1.31489e-003, Wply = 2.37700e-003, Wplz = 1.46450e-003
  Iyy = 4.84487e-004, Izz = 1.64362e-004, Iyz = 0.00000e+000
  iy = 1.82165e-001, iz = 1.06102e-001
  J = 3.78898e-004, Cwp = 1.00000e+028

* . DESIGN PARAMETERS FOR STRENGTH EVALUATION :
  Ly = 1.97000e-001, Lz = 1.97000e-001, Lb = 1.97000e-001
  Ky = 1.00000e+000, Kz = 1.00000e+000

* . MATERIAL PROPERTIES :
  Fy = 3.55000e+005, Es = 2.10000e+008, MATERIAL NAME = S355

* . FORCES AND MOMENTS AT (J) POINT :
  Axial Force Fxx = 1.82150e+001
  Shear Forces Fyy = 8.23721e+002, Fzz = 1.07934e+002
  Bending Moments My = -2.42204e+002, Mz = -9.82538e+001
  End Moments Myi = -2.21325e+002, Myj = -2.42204e+002 (for Lb)
  Myi = -2.21325e+002, Myj = -2.42204e+002 (for Ly)
  Mzi = 6.39860e+001, Mzj = -9.82538e+001 (for Lz)

* . Sign conventions for stress and axial force.
  - Stress : Compression positive.
  - Axial force: Tension positive.

```

[[[*]]] CLASSIFY TOP FLANGE OF SECTION (BTR).

(). Determine classification of tension internal flange(hollow box).
-. Not Checking the Section Classification.

[[[*]]] CLASSIFY BOTTOM FLANGE OF SECTION (BTR).



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```
( ). Determine classification of compression Internal Parts.
[ Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5 ]
-. e      = SQRT( 235/fy ) = 0.81
-. d/t    = HTR = 23.00
-. sigma  = 167737.735 KPa.
-. sigma2 = 33557.125 KPa.
-. HTR < 33*e ( Class 1 : Plastic ).
```

=====
[[[*]]] CLASSIFY LEFT WEB OF SECTION (HTR).
=====

```
( ). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
[ Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5 ]
-. e      = SQRT( 235/fy ) = 0.81
-. d/t    = HTR = 48.00
-. sigma  = 163661.934 KPa.
-. sigma2 = -31976.523 KPa.
-. Psi    = [2*(Nsd/A)*(1/fy)]-1 = -1.007
-. Alpha  = 0.503 > 0.5
-. HTR < 396*e/(13*Alpha-1) ( Class 1 : Plastic ).
```

=====
[[[*]]] CLASSIFY RIGHT WEB OF SECTION (HTR).
=====

```
( ). Determine classification of bending and compression Internal Parts.
[ Eurocode3:05 Table 5.2 (Sheet 1 of 3), EN 1993-1-5 ]
-. e      = SQRT( 235/fy ) = 0.81
-. d/t    = HTR = 48.00
-. sigma  = 29481.324 KPa.
-. sigma2 = -166157.133 KPa.
-. Psi    = [2*(Nsd/A)*(1/fy)]-1 = -1.007
-. Alpha  = 0.503 > 0.5
-. HTR < 396*e/(13*Alpha-1) ( Class 1 : Plastic ).
```

=====
[[[*]]] APPLIED FACTORS.
=====

```
( ). Calculate equivalent uniform moment factors (Cmy,Cmz,CmLT).
[ Eurocode3:05 Annex A. Table A.1, A.2 ]
-. Cmy,0 = 0.982
-. Cmz,0 = 0.653
-. Cmy (Default or User Defined Value) = 1.000
-. Cmz (Default or User Defined Value) = 1.000
-. CmLT (Default or User Defined Value) = 1.000
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

(). Partial Factors (Gamma_Mi).
 [Eurocode3:05 6.1]
 -. Gamma_M0 = 1.05
 -. Gamma_M1 = 1.05
 -. Gamma_M2 = 1.25

=====
[[[*]]] CHECK AXIAL RESISTANCE.
=====

(). Check slenderness ratio of axial tension member (l/i).
 -. l/i = 1.9 < 300.0 ---> O.K.

(). Calculate parameters for combined resistance.
 -. Lambdal = Pi * SQRT(Es/fy) = 76.409
 -. Lambda_bz = (KLz/iz) / Lambdal = 0.024

(). Calculate axial tensile resistance (Nt_Rd).
 [Eurocode3:05 6.2.3]
 -. Nt_Rd = fy * Area / Gamma_M0 = 4936.19 kN.

(). Check ratio of axial resistance (N_Ed/Nt_Rd).

$$\frac{N_{Ed}}{Nt_{Rd}} = \frac{18.21}{4936.19} = 0.004 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$$

=====
[[[*]]] CHECK SHEAR RESISTANCE.
=====

(). Calculate shear area.
 [Eurocode3:05 6.2.6, EN1993-1-5:04 5.1 NOTE 2]
 -. Avy = 2*B*tf = 0.0050 m^2.
 -. Avz = 2*h*tw = 0.0100 m^2.

(). Calculate plastic shear resistance in local-y direction (Vpl_Rdy).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. Vpl_Rdy = [Avy*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 976.00 kN.

(). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. HTR < 72*e/Eta ---> No need to check!

(). Check ratio of shear resistance (V_Edy/Vpl_Rdy).
 (LCB = 12, POS = J)
 -. Applied shear force : V_Edy = 823.72 kN.

$$\frac{V_{Edy}}{Vpl_{Rdy}} = \frac{823.72}{976.00} = 0.844 < 1.000 \text{ ---> O.K.}$$



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

- (). Calculate plastic shear resistance in local-z direction (Vpl_Rdz).
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.6]
 -. Vpl_Rdz = [Avz*fy/SQRT(3)] / Gamma_M0 = 1951.99 kN.
- (). Shear Buckling Check.
 [Eurocode3:05 6.2.6]
 -. HTR < 72*e/Eta ---> No need to check!
- (). Check ratio of shear resistance (V_Edz/Vpl_Rdz).
 (LCB = 4, POS = J)
 -. Applied shear force : V_Edz = 136.60 kN.
 V_Edz 136.60
 -. ----- = ----- = 0.070 < 1.000 ---> O.K.
 Vpl_Rdz 1951.99

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MAJOR AXIS.

- (). Calculate plastic resistance moment about major axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. Wply = 0.0024 m^3.
 -. Mc_Rdy = Wply * fy / Gamma_M0 = 803.65 kN-m.
- (). Check ratio of moment resistance (M_Edy/Mc_Rdy).
 M_Edy 242.20
 -. ----- = ----- = 0.301 < 1.000 ---> O.K.
 Mc_Rdy 803.65

[[[*]]] CHECK BENDING MOMENT RESISTANCE ABOUT MINOR AXIS.

- (). Calculate plastic resistance moment about minor axis.
 [Eurocode3:05 6.1, 6.2.5]
 -. Wplz = 0.0015 m^3.
 -. Mc_Rdz = Wplz * fy / Gamma_M0 = 495.14 kN-m.
- (). Check ratio of moment resistance (M_Edz/Mc_Rdz).
 M_Edz 98.25
 -. ----- = ----- = 0.198 < 1.000 ---> O.K.
 Mc_Rdz 495.14

[[[*]]] CHECK INTERACTION OF COMBINED RESISTANCE.

- (). Calculate Major reduced design resistance of bending and shear.
 [Eurocode3:05 6.2.8 (6.30)]
 -. In case of V_Edz / Vpl_Rdz < 0.5
 -. My_Rd = Mc_Rdy = 803.65 kN-m.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.acs

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

```
( ). Calculate Minor reduced design resistance of bending and shear.
[ Eurocode3:05 6.2.8 (6.30) ]
-. In case of V_Edy / Vpl_Rdy > 0.5
-. Rho = { 2*(V_Edy/Vpl_Rdy) - 1 }^2 = 0.473
-. Mz_Rd = Mc_Rdz * MAX[(1-Rho), 0.01] = 260.80 kN-m.

( ). Check general interaction ratio.
[ Eurocode3:05 6.2.1 (6.2) ] - Class1 or Class2
-. Rmax1 = ----- + ----- + -----
          N_Rd    My_Rd    Mz_Rd
          = 0.682 < 1.000 ---> O.K.

( ). Check interaction ratio of bending and axial force member.
[ Eurocode3:05 6.2.9 (6.31 ~ 6.41) ] - Class1 or Class2
-. n = N_Ed / Npl_Rd = 0.004
-. Alpha = MAX[ 1.0, MIN[ 1.66/(1-1.13*n^2), 6.0 ] ] = 1.660
-. Beta = MAX[ 1.0, MIN[ 1.66/(1-1.13*n^2), 6.0 ] ] = 1.660

-. N_Ed < 0.25*Npl_Rd = 1234.05 kN.
-. N_Ed < 0.5*hw*tw*fy/Gamma_M0 = 811.43 kN.
  Therefore, No allowance for the effect of axial force.
-. Mny_Rd = Mply_Rd = 803.65 kN-m.
-. Rmaxy = M_Edy / Mny_Rd = 0.301 < 1.000 ---> O.K.

-. N_Ed < hw*tw*fy/Gamma_M0 = 1622.86 kN.
  Therefore, No allowance for the effect of axial force.
-. Mnz_Rd = Mplz_Rd = 260.80 kN-m.
-. Rmaxz = M_Edz / Mnz_Rd = 0.377 < 1.000 ---> O.K.

-. Rmax2 = [ | M_Edy | ^ (Alpha) | M_Edz | ^ (Beta) ]
          [ |-----| + |-----| ]
          [ | Mny_Rd | | Mnz_Rd | ]
          = 0.334 < 1.000 ---> O.K.

-. Rmax = MAX[ Rmax1, Rmax2 ] = 0.682 < 1.000 ---> O.K.
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

Steel Code Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

midas Gen - Steel Code Checking [Eurocode3:05] Gen 2021

=====
[[[*]]] CHECK DEPLETION.
=====

```
( ). Compute Maximum Deflection.
-. LCB      =      85
-. DAF      =      1.000 (Deflection Amplification Factor).
-. Position =      1.673m From i-end(Node 4420).
-. Def      =      0.002 * DAF =      0.002m (Global Z)
-. Def_Lim  =      0.017m
Def < Def_Lim ---> O.K !
```

Modeling, Integrated Design & Analysis Software
http://www.MidasUser.com
Gen 2021

Print Date/Time : 01/26/2022 16:42

- 10 / 10 -

Tutte le verifiche sono soddisfatte.



9.5.3 Verifica elementi in c.a.

Trattandosi di struttura a comportamento non dissipativo, la capacità delle membrature e dei collegamenti deve essere valutata in accordo con le regole di cui al par. 4.1 delle citate norme, senza nessun requisito aggiuntivo.

A favore di sicurezza sono stati adottati, comunque, i dettagli costruttivi per le strutture a comportamento dissipativo, in particolare le limitazioni geometriche e di armatura per la classe di duttilità B, come riportato nel par. 7.4.6 delle NTC2018.

Tabella 34. Controllo armatura minima e passo minimo staffe - Travi

Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _i [cm ²]	A _s [cm ²]	ρ [%]	ρ _{comp} [%]	ρ _{min} [%]	ρ _{max} [%]	CK	p ST [cm]	p _{min} ST [cm]	CK
TR 25x85	25	85	2125	8.04	8.04	0.38%	0.38%	0.31%	1.16%	OK	10	12.8	OK
TR 50x40	50	40	2000	8.04	8.04	0.40%	0.40%	0.31%	1.18%	OK	5	10	OK
TR 25x50	25	50	1250	6.03	6.03	0.48%	0.48%	0.31%	1.26%	OK	10	12.5	OK

Tabella 35. Controllo armatura minima e passo minimo staffe - Pilastri

Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	ρ [%]	ρ _{min} [%]	ρ _{max} [%]	CK	p ST [cm]	p _{min} ST [cm]	CK
PIL 25x80	25	80	2000	50.24	2.51%	1.0%	4.0%	OK	10	12.5	OK
PIL 30x40	30	40	1200	24.12	2.01%	1.0%	4.0%	OK	10	12.8	OK
PIL 40x40	40	40	1600	32.16	2.01%	1.0%	4.0%	OK	10	12.8	OK

Tabella 36. Controllo armatura minima – Soletta di copertura

Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Soletta H25	100	25	2500	5.65	4.18	NO

Nelle seguenti immagini vengono riportati i tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

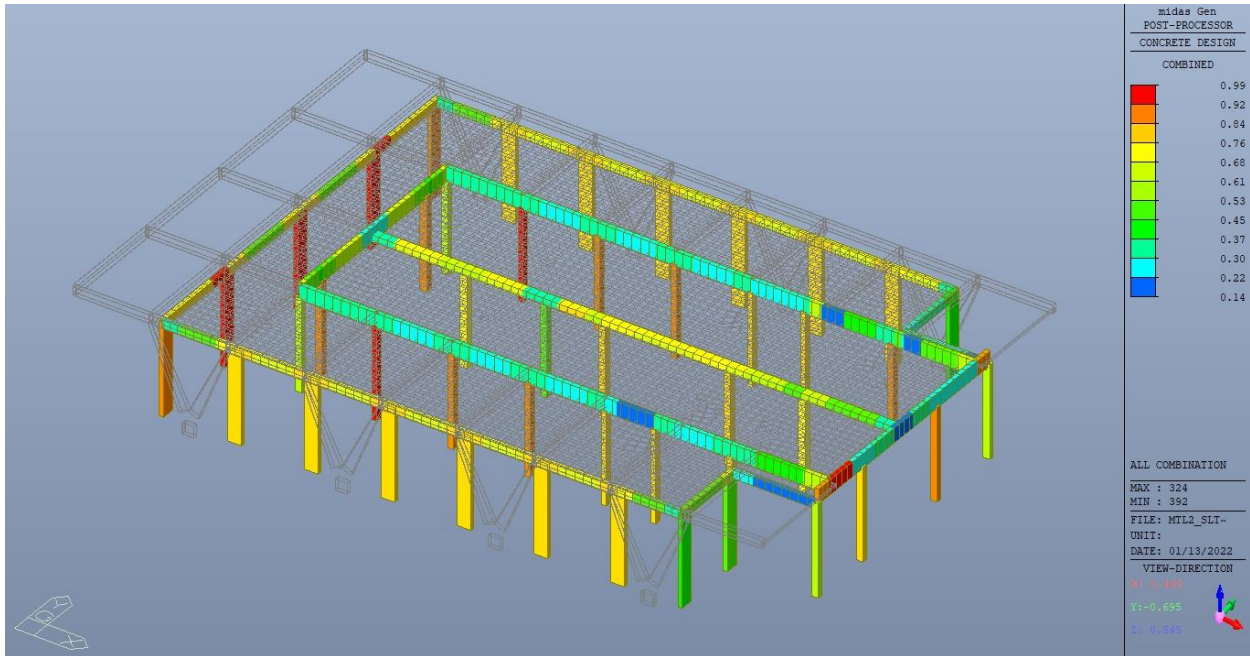


Figura 77. Sovrastruttura locali tecnici – Tasso di lavoro travi e pilastri in c.a.

Eurocode2:04 RC-Beam Checking Result Dialog

Code : EC2:04,NTC2018 Unit : kN , m Primary Sorting Option

Sorted by Member Property Results Strength Serviceability SECT MEMB

MEMB	SECT	Span	Section			fck	PO S	CHK	Rebar		Negative Moment Strength				Positive Moment Strength				Shear Strength							
			Bc	Hc	fyk				AsTop	AsBot	N(-) M_Ed	LC B	x/d	N(-) M_Rd	Rat-N	P(+) M_Ed	LC B	x/d	P(+) M_Rd	Rat-P	V_Ed	LC B	V_Rdc	V_Rds	Rat-Vc	Rat-Vs
0	TR_25x85_0	30000.0	0.250	0.850	450000	M	OK	0.0008	0.0008	212.897	12	0.07	241.093	0.88	69.1981	4	0.07	241.093	0.29	305.280	6	0.00000	447.930	0.00	0.68	0.68
8	TR_25x85_0	30000.0	0.250	0.850	450000	M	OK	0.0008	0.0008	122.736	12	0.07	241.093	0.51	67.1349	4	0.07	241.093	0.28	287.481	6	0.00000	298.620	0.00	0.96	0.96
5.7250	TR_25x85_0	30000.0	0.000	0.000	450000	J	OK	0.0008	0.0008	213.815	6	0.07	241.093	0.89	69.1847	10	0.07	241.093	0.29	308.035	12	0.00000	447.930	0.00	0.69	0.69
0	TR_50x40_0	30000.0	0.500	0.400	450000	M	OK	0.0016	0.0008	144.041	9	0.19	202.234	0.71	39.4093	3	0.13	105.510	0.37	205.541	9	0.00000	395.069	0.00	0.52	0.52
9	TR_50x40_0	30000.0	0.500	0.400	450000	M	OK	0.0008	0.0008	27.4199	21	0.13	105.510	0.26	70.4043	3	0.13	105.510	0.67	81.6913	3	0.00000	98.7672	0.00	0.83	0.83
7.3800	TR_50x40_0	30000.0	0.000	0.000	450000	J	OK	0.0016	0.0008	148.810	3	0.19	202.234	0.74	37.4666	9	0.13	105.510	0.36	208.447	3	0.00000	395.069	0.00	0.53	0.53
0	TR_25x50	30000.0	0.250	0.500	450000	M	OK	0.0012	0.0012	161.094	28	0.14	196.721	0.82	124.530	44	0.14	196.721	0.63	150.298	29	0.00000	160.239	0.00	0.94	0.94
10	TR_25x50	30000.0	0.250	0.500	450000	M	OK	0.0006	0.0006	58.9322	45	0.11	100.958	0.68	67.6977	29	0.11	100.958	0.67	82.9379	44	0.00000	106.826	0.00	0.78	0.78
6.3750	TR_25x50	30000.0	0.000	0.000	450000	J	OK	0.0012	0.0012	161.184	45	0.14	196.721	0.82	124.847	29	0.14	196.721	0.63	149.970	44	0.00000	160.239	0.00	0.94	0.94

Connect Model View: Select All Unselect All All OK NG

Option for Detail Print Position: End I. Mid. End J.

Figura 78. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche travi c.a.



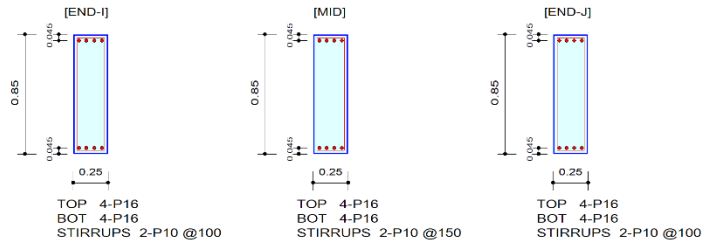
midas Gen

RC Beam Strength Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	KN, m
Material Data	fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	TR_25x85_0-30 (No : 8)	Beam Span	5.725m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	12	12	6
Moment (M _{Ed})	212.90	122.74	213.81
Factored Strength (M _{Rd})	241.09	241.09	241.09
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8830	0.5091	0.8869
Neutral Axis (x/d)	0.0723	0.0723	0.0723
(+) Load Combination No.	4	4	10
Moment (M _{Ed})	69.20	67.13	69.18
Factored Strength (M _{Rd})	241.09	241.09	241.09
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.2870	0.2785	0.2870
Neutral Axis (x/d)	0.0723	0.0723	0.0723
Using Rebar Top (As _{top})	0.0008	0.0008	0.0008
Using Rebar Bot (As _{bot})	0.0008	0.0008	0.0008

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	6	6	12
Factored Shear Force (V _{Ed})	305.28	287.48	308.03
V _{Rdc}	0.00	0.00	0.00
V _{Rds}	447.93	298.62	447.93
V _{Rdmax}	769.78	769.78	769.78
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0016	0.0011	0.0016
Using Stirrups Spacing	2-P10 @100	2-P10 @150	2-P10 @100
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.0000	0.0000	0.0000
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.6815	0.9627	0.6877
Check Ratio	0.6815	0.9627	0.6877

Figura 79. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR25x85 rialzata



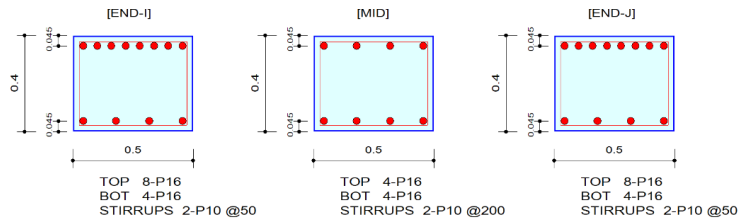
midas Gen

RC Beam Strength Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\..MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code	Eurocode2.04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	TR_50x40_0-75 (No : 9)	Beam Span	7.38m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	9	21	3
Moment (M _{Ed})	144.04	27.42	148.81
Factored Strength (M _{Rd})	202.23	105.62	202.23
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.7123	0.2596	0.7358
Neutral Axis (x/d)	0.1885	0.1279	0.1885
(+) Load Combination No.	3	3	9
Moment (M _{Ed})	39.41	70.40	37.47
Factored Strength (M _{Rd})	105.51	105.62	105.51
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.3735	0.6666	0.3551
Neutral Axis (x/d)	0.1274	0.1279	0.1274
Using Rebar Top (As _{top})	0.0016	0.0008	0.0016
Using Rebar Bot (As _{bot})	0.0008	0.0008	0.0008

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	9	3	3
Factored Shear Force (V _{Ed})	205.54	81.69	208.45
V _{Rdc}	0.00	0.00	0.00
V _{Rds}	395.07	98.77	395.07
V _{Rdmax}	678.94	678.94	678.94
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0032	0.0008	0.0032
Using Stirrups Spacing	2-P10 @50	2-P10 @200	2-P10 @50
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.0000	0.0000	0.0000
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.5203	0.8271	0.5276
Check Ratio	0.5203	0.8271	0.5276

Figura 80. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR50x40 rialzata



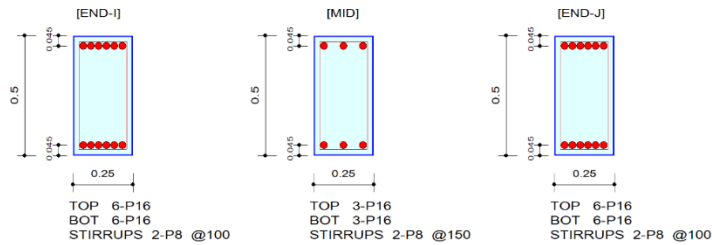
midas Gen

RC Beam Strength Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\..\MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa		
Section Property	TR_25x50 (No : 10)	Beam Span	6.375m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	28	45	45
Moment (M _{Ed})	161.09	58.93	161.18
Factored Strength (M _{Rd})	196.72	100.96	196.72
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.8189	0.5837	0.8194
Neutral Axis (x/d)	0.1445	0.1147	0.1445
(+) Load Combination No.	44	29	29
Moment (M _{Ed})	124.53	67.70	124.85
Factored Strength (M _{Rd})	196.72	100.96	196.72
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.6330	0.6705	0.6346
Neutral Axis (x/d)	0.1445	0.1147	0.1445
Using Rebar Top (As _{top})	0.0012	0.0006	0.0012
Using Rebar Bot (As _{bot})	0.0012	0.0006	0.0012

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	29	44	44
Factored Shear Force (V _{Ed})	150.30	82.94	149.97
V _{Rdc}	0.00	0.00	0.00
V _{Rds}	160.24	106.83	160.24
V _{Rdmax}	435.09	435.09	435.09
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0010	0.0007	0.0010
Using Stirrups Spacing	2-P8 @100	2-P8 @150	2-P8 @100
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.0000	0.0000	0.0000
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	0.9380	0.7764	0.9359
Check Ratio	0.9380	0.7764	0.9359

Figura 81. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica trave TR25x50 ribassata



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Eurocode2:04 RC-Column Checking Result Dialog

Code : EC2:04,NTC2018 Unit : kN , m

Sorted by Member Property Results Strength Serviceability Primary Sorting Option SECT MEMB

MEMB	SE	Section	fck	fyk	CHK	LC	V-Rebar	N_Rdmax	N_Ed	M_Edy	M_Edz	V_Rdc.end	V_Rds.end	V_Rdc.mid	V_Rds.mid	LC	V_Ed.end	Rat-V.end
SECT	L	Bc Hc	Height	fyw		B		x	Rat-N	Rat-My	Rat-Mz	Rat-Vc.end	Rat-Vs.end	Rat-Vc.mid	Rat-Vs.mid	B	V_Ed.mid	Rat-V.mid
0	<input type="checkbox"/>	P25x80	30000.0	450000	OK	45	16-3-P20	5280.51	274.524	53.6629	539.175	144.494	133.826	146.056	91.0382	29	21.6895	0.150
4	<input type="checkbox"/>	0.800 0.250	5.4800	450000					0.994	0.979	0.979	0.150	0.162	0.149	0.238	29	21.6895	0.149
0	<input type="checkbox"/>	P25x80_275-	30000.0	450000	OK	45	16-3-P20	5280.51	17.0936	33.9546	464.933	141.447	133.826	0.00000	89.2174	37	22.2849	0.158
5	<input type="checkbox"/>	0.800 0.250	5.4800	450000					0.861	0.864	0.857	0.158	0.167	0.000	0.229	37	20.4412	0.229
0	<input type="checkbox"/>	P30x40	30000.0	450000	OK	29	12-3-P16	2942.82	315.593	58.7322	113.697	87.2655	126.783	88.2519	84.5217	29	20.0549	0.230
6	<input type="checkbox"/>	0.400 0.300	5.4800	450000					0.986	0.935	0.974	0.230	0.158	0.227	0.237	29	20.0549	0.227
0	<input type="checkbox"/>	P40x40	30000.0	450000	OK	45	16-5-P16	3923.76	392.566	156.071	79.1976	134.189	179.609	135.586	119.739	29	48.9716	0.365
11	<input type="checkbox"/>	0.400 0.400	5.4800	450000					0.855	0.845	0.819	0.365	0.273	0.361	0.409	29	48.9716	0.361

Connect Model View

Select All Unselect All Re-calculation

Graphic... Detail... Summary... <<

Draw PM Curve... Close Copy Table

Result View Option All OK NG

Figura 82. Sovrastruttura locali tecnici – Tabella riassuntiva verifiche pilastri

Di seguito si riportano le verifiche per esteso delle differenti tipologie strutturali, e la verifica dettagliata Step-by-Step (listato) dell'elemento più sollecitato.



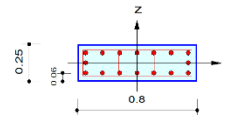
midas Gen

RC Column Checking Result

Company		Project Title	
Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Condition

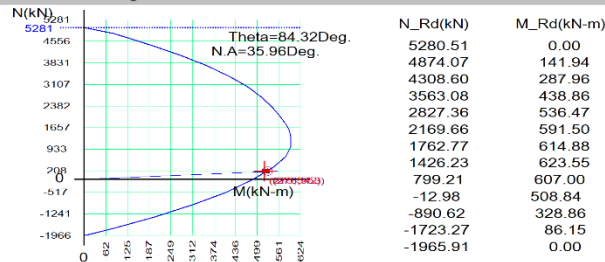
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 324 (PM), 326, 318 (Shear-y,z)
 Material Data : fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 5.48 m
 Section Property: P25x80 (No : 4)
 Rebar Pattern : 16 - 3 - P20 Ast = 0.005024 m^2 (Rhost = 0.025)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 45 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 5280.51 kN
 Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 274.524 / 276.146 = 0.994 < 1.000 O.K
 Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 541.839 / 553.466 = 0.979 < 1.000 O.K
 M_Edy / M_Rdy = 53.6629 / 54.7927 = 0.979 < 1.000 O.K
 M_Edz / M_Rdz = 539.175 / 550.747 = 0.979 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

	y (LCB : 41, POS : J)	z (LCB : 29, POS : J)
[END]		
Applied Shear Force (V_Ed)	140.962 kN	21.6895 kN
V_Ed / V_Rdc	140.962 / 140.980 = 1.000	21.6895 / 144.494 = 0.150
V_Ed / V_Rds	140.962 / 260.609 = 0.541	21.6895 / 133.826 = 0.162
V_Ed / V_Rdmax	140.962 / 707.625 = 0.199	21.6895 / 581.400 = 0.037
Shear Ratio	1.000 < 1.000 O.K	0.150 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00100 m^2/m, 2-P8 @100	0.00200 m^2/m, 4-P8 @100
[MIDDLE]		
Applied Shear Force (V_Ed)	140.421 kN	21.6895 kN
V_Ed / V_Rdc	140.421 / 141.373 = 0.993	21.6895 / 146.056 = 0.149
V_Ed / V_Rds	140.421 / 177.285 = 0.792	21.6895 / 91.0382 = 0.238
V_Ed / V_Rdmax	140.421 / 707.625 = 0.198	21.6895 / 581.400 = 0.037
Shear Ratio	0.993 < 1.000 O.K	0.149 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00068 m^2/m, 2-P8 @147	0.00136 m^2/m, 4-P8 @147

4. Serviceability : Stress Limit Check

	Conc.(Tens.)	Conc.(Comp.)	Conc.(Comp.)(QP)	Rebar
Load Combination	-	-	-	-
Stress(s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	0.00	0.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	*****	*****	*****	*****
Check Linear Creep				

Figura 83. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 25x80



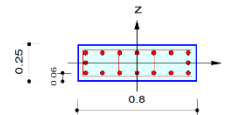
midas Gen

RC Column Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Condition

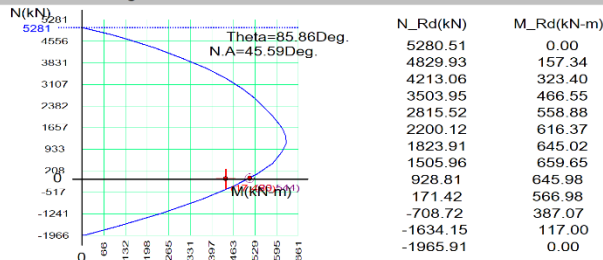
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 319 (PM), 303, 319 (Shear-y,z)
 Material Data : fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 5.48 m
 Section Property: P25x80_275-0 (No : 5)
 Rebar Pattern : 16 - 3 - P20 Ast = 0.005024 m^2 (Rhostr = 0.025)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 45 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 5280.51 kN
 Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 17.0936 / 19.8434 = 0.861 < 1.000 O.K
 Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 466.171 / 543.987 = 0.857 < 1.000 O.K
 M_Edy / M_Rdy = 33.9546 / 39.2962 = 0.864 < 1.000 O.K
 M_Edz / M_Rdz = 464.933 / 542.566 = 0.857 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

	y (LCB : 43, POS : I)	z (LCB : 37, POS : J)
[END]		
Applied Shear Force (V_Ed)	136.219 kN	22.2849 kN
V_Ed / V_Rdc	136.219 / 137.722 = 0.989	22.2849 / 141.447 = 0.158
V_Ed / V_Rds	136.219 / 260.609 = 0.523	22.2849 / 133.826 = 0.167
V_Ed / V_Rdmax	136.219 / 707.625 = 0.193	22.2849 / 581.400 = 0.038
Shear Ratio	0.989 < 1.000 O.K	0.158 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00100 m^2/m, 2-P8 @100	0.00200 m^2/m, 4-P8 @100
[MIDDLE]		
Applied Shear Force (V_Ed)	117.199 kN	20.4412 kN
V_Ed / V_Rdc	117.199 / 131.149 = 0.894	20.4412 / 0.00000 = 0.000
V_Ed / V_Rds	117.199 / 173.739 = 0.675	20.4412 / 89.2174 = 0.229
V_Ed / V_Rdmax	117.199 / 707.625 = 0.166	20.4412 / 581.400 = 0.035
Shear Ratio	0.894 < 1.000 O.K	0.229 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00067 m^2/m, 2-P8 @150	0.00133 m^2/m, 4-P8 @150

4. Serviceability : Stress Limit Check

	Conc.(Tens.)	Conc.(Comp.)	Conc.(Comp.)(QP)	Rebar
Load Combination	-	-	-	-
Stress(s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	0.00	0.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	*****	*****	*****	*****
Check Linear Creep				

Figura 84. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 25x80



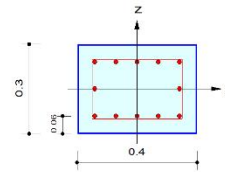
midas Gen

RC Column Checking Result

MIDAS	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Condition

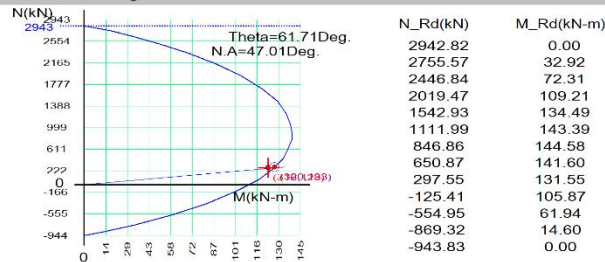
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 331 (PM), 320, 346 (Shear-y,z)
 Material Data : fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 5.48 m
 Section Property: P30x40 (No : 6)
 Rebar Pattern : 12 - 3 - P16 Ast = 0.002412 m^2 (Rhostr = 0.020)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 29 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 2942.82 kN
 Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 315.593 / 320.068 = 0.986 < 1.000 O.K
 Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 127.970 / 132.568 = 0.965 < 1.000 O.K
 M_Edy / M_Rdy = 58.7322 / 62.8224 = 0.935 < 1.000 O.K
 M_Edz / M_Rdz = 113.697 / 116.738 = 0.974 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

	y (LCB : 18, POS : J)	z (LCB : 29, POS : J)
[END]		
Applied Shear Force (V_Ed)	29.2542 kN	20.0549 kN
V_Ed / V_Rdc	29.2542 / 77.0777 = 0.380	20.0549 / 87.2655 = 0.230
V_Ed / V_Rds	29.2542 / 119.739 = 0.244	20.0549 / 126.783 = 0.158
V_Ed / V_Rdmax	29.2542 / 390.150 = 0.075	20.0549 / 367.200 = 0.055
Shear Ratio	0.380 < 1.000 O.K	0.230 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00100 m^2/m, 2-P8 @100	0.00150 m^2/m, 3-P8 @100
[MIDDLE]		
Applied Shear Force (V_Ed)	29.2542 kN	20.0549 kN
V_Ed / V_Rdc	29.2542 / 78.1257 = 0.374	20.0549 / 88.2519 = 0.227
V_Ed / V_Rds	29.2542 / 79.8261 = 0.366	20.0549 / 84.5217 = 0.237
V_Ed / V_Rdmax	29.2542 / 390.150 = 0.075	20.0549 / 367.200 = 0.055
Shear Ratio	0.374 < 1.000 O.K	0.227 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00067 m^2/m, 2-P8 @150	0.00100 m^2/m, 3-P8 @150

4. Serviceability : Stress Limit Check

	Conc.(Tens.)	Conc.(Comp.)	Conc.(Comp.)(QP)	Rebar
Load Combination	-	-	-	-
Stress(s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	0.00	0.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	*****	*****	*****	*****
Check Linear Creep				

Figura 85. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 30x40



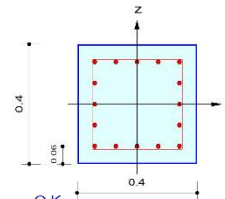
midas Gen

RC Column Checking Result

Company		Project Title	
Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_SLT_M01_AEL_00.mgb

1. Design Condition

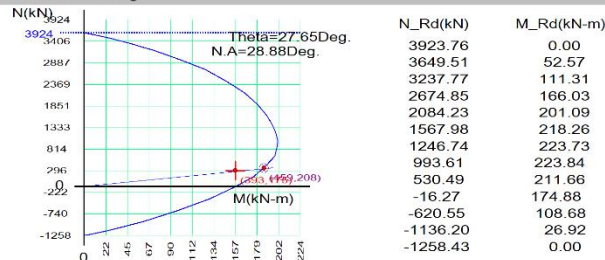
Design Code : Eurocode2:04 & NTC2018 UNIT SYSTEM kN, m
 Member Number: 345 (PM), 345 (Shear)
 Material Data : fck = 30000, fyk = 450000, fyw = 450000 KPa
 Column Height : 5.48 m
 Section Property: P40x40 (No : 11)
 Rebar Pattern : 16 - 5 - P16 Ast = 0.003216 m^2 (Rhostr = 0.020)



2. Axial and Moments Capacity

Load Combination : 45 (Pos : I)
 Concentric Max. Axial Load N_Rdmax = 3923.76 kN
 Axial Load Ratio N_Ed / N_Rd = 392.566 / 459.197 = 0.855 < 1.000 O.K
 Moment Ratio M_Ed / M_Rd = 175.016 / 208.455 = 0.840 < 1.000 O.K
 M_Edy / M_Rdy = 156.071 / 184.649 = 0.845 < 1.000 O.K
 M_Edz / M_Rdz = 79.1976 / 96.7377 = 0.819 < 1.000 O.K

M-N Interaction Diagram



3. Shear Capacity

	y (LCB : 37, POS : J)	z (LCB : 29, POS : J)
[END]		
Applied Shear Force (V_Ed)	36.8261 kN	48.9716 kN
V_Ed / V_Rdc	36.8261 / 139.655 = 0.264	48.9716 / 134.189 = 0.365
V_Ed / V_Rds	36.8261 / 179.609 = 0.205	48.9716 / 179.609 = 0.273
V_Ed / V_Rdmax	36.8261 / 520.200 = 0.071	48.9716 / 520.200 = 0.094
Shear Ratio	0.264 < 1.000 O.K	0.365 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00150 m^2/m, 3-P8 @100	0.00150 m^2/m, 3-P8 @100
[MIDDLE]		
Applied Shear Force (V_Ed)	36.8261 kN	48.9716 kN
V_Ed / V_Rdc	36.8261 / 141.052 = 0.261	48.9716 / 135.586 = 0.361
V_Ed / V_Rds	36.8261 / 119.739 = 0.308	48.9716 / 119.739 = 0.409
V_Ed / V_Rdmax	36.8261 / 520.200 = 0.071	48.9716 / 520.200 = 0.094
Shear Ratio	0.261 < 1.000 O.K	0.361 < 1.000 O.K
Asw-H_use	0.00100 m^2/m, 3-P8 @150	0.00100 m^2/m, 3-P8 @150

4. Serviceability : Stress Limit Check

	Conc.(Tens.)	Conc.(Comp.)	Conc.(Comp.)(QP)	Rebar
Load Combination	-	-	-	-
Stress(s)	0.00	0.00	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	0.00	0.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	*****	*****	*****	*****
Check Linear Creep				

Figura 86. Sovrastruttura locali tecnici – Verifica pilastro 40x40



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

13	1		SW (1.300) +	G1 (1.300) +	G2 (1.300)
		+	Qs (0.750) +	WX (-1.500) +	DT (0.900)
14	1		SW (1.300) +	G1 (1.300) +	G2 (1.300)
		+	Qs (0.750) +	WY+ (-1.500) +	DT (0.900)
15	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (1.000) +	SLV_Y E+ (0.300)	
16	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (1.000) +	SLV_Y E+ (-0.300)	
17	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (1.000) +	SLV_Y E- (0.300)	
18	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (1.000) +	SLV_Y E- (-0.300)	
19	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (1.000) +	SLV_Y E+ (0.300)	
20	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (1.000) +	SLV_Y E+ (-0.300)	
21	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (1.000) +	SLV_Y E- (0.300)	
22	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (1.000) +	SLV_Y E- (-0.300)	
23	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (0.300) +	SLV_Y E+ (1.000)	
24	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-0.300) +	SLV_Y E+ (1.000)	
25	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (0.300) +	SLV_Y E+ (1.000)	
26	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-0.300) +	SLV_Y E+ (1.000)	
27	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (0.300) +	SLV_Y E- (1.000)	
28	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-0.300) +	SLV_Y E- (1.000)	
29	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (0.300) +	SLV_Y E- (1.000)	
30	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-0.300) +	SLV_Y E- (1.000)	
31	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-1.000) +	SLV_Y E+ (-0.300)	
32	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-1.000) +	SLV_Y E+ (0.300)	
33	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-1.000) +	SLV_Y E- (-0.300)	
34	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E+ (-1.000) +	SLV_Y E- (0.300)	
35	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-1.000) +	SLV_Y E+ (-0.300)	
36	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-1.000) +	SLV_Y E+ (0.300)	
37	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-1.000) +	SLV_Y E- (-0.300)	
38	1		SW (1.000) +	G1 (1.000) +	G2 (1.000)
		+	SLV_X E- (-1.000) +	SLV_Y E- (0.300)	



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE :

Table with columns: Company (MIDAS), Author (Ing. Luca Sampietro), Client, File Name (MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs)

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

Main data table with columns for item number, sign, and various load case combinations (e.g., SW, SLV, G1, G2, DT, WX, WY, Qs).



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE :

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

```

-----
midas Gen - RC-Column Checking [ Eurocode2:04 & NTC2018 ]                               Gen 2021
-----
  97  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
        WX (-0.200)
  98  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
        WY+ (-0.200)
  99  2      +      SW ( 1.000 ) +      G1 ( 1.000 ) +      G2 ( 1.000 )
-----

```




CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

*.midas Gen - RC-COLUMN Analysis/Design Program.

*.PROJECT :
 *.DESIGN CODE : Eurocode2:04, *.UNIT SYSTEM : kN, m
 (Note. Nonhomogenous equation in the code are written in SI units in the report)
 *.MEMBER : Member Type = COLUMN , MEMB = 326, LCB = 28, POS = I

*.DESCRIPTION OF COLUMN DATA (iSEC = 4) : P25x80
 Section Type : Rectangular with Ties (RT)
 Section Height (HTc) = 5.480 m.
 Section Depth (Hc) = 0.250 m.
 Section Width (Bc) = 0.800 m.
 Concrete Cover to C.O.R. (do) = 0.060 m.
 Concrete Strength (fck) = 30000.000 KPa.
 Modulus of Elasticity (Ec) = 32836568.031 KPa.
 Main Rebar Strength (fyk) = 450000.000 KPa.
 Ties/Spirals Strength (fyw) = 450000.000 KPa.
 Modulus of Elasticity (Es) = 200000000.000 KPa.

*.REBAR PATTERN = RT - 16 - 3 - P20 Unit : m.

i	d _{yi}	d _{zi}	Rebar	Asi
1	-0.340	-0.065	1-P20	0.00031
2	-0.340	0.000	1-P20	0.00031
3	-0.340	0.065	1-P20	0.00031
4	-0.227	0.065	1-P20	0.00031
5	-0.113	0.065	1-P20	0.00031
6	0.000	0.065	1-P20	0.00031
7	0.113	0.065	1-P20	0.00031
8	0.227	0.065	1-P20	0.00031
9	0.340	0.065	1-P20	0.00031
10	0.340	0.000	1-P20	0.00031
11	0.340	-0.065	1-P20	0.00031
12	0.227	-0.065	1-P20	0.00031
13	0.113	-0.065	1-P20	0.00031
14	0.000	-0.065	1-P20	0.00031
15	-0.113	-0.065	1-P20	0.00031
16	-0.227	-0.065	1-P20	0.00031

=====
[[[*]]] CALCULATE SLENDERNESS RATIOS, MAGNIFIED FORCES/MOMENTS.
=====



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

(). Factored forces/moments caused by unit load case. Unit : kN., m.
*.Load combination ID = 28

Load Case	N Ed	Myi	Myj	Mzi	Mzj
DL	231.16	-2.65	5.13	-0.57	0.90
LL	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DL+LL	231.16	-2.65	5.13	-0.57	0.90
Others	43.29	-22.43	21.20	-538.28	399.73
DL+LL+Others	274.45	-25.08	26.33	-538.85	400.63

(). Check slenderness ratios of frame.

-. Slenderness ratio limits.
 $n = N_{Ed} / (A_c \cdot f_{cd}) = 0.0807$
 $SR_y = 25 / \sqrt{n} = 87.993$
 $SR_z = 25 / \sqrt{n} = 87.993$

-. Radii of gyration.
 $i_y = H_c / \sqrt{12} = 0.072 \text{ m.}$
 $i_z = B_c / \sqrt{12} = 0.231 \text{ m.}$

-. Unbraced lengths.
 $L_{oy} = 5.480 \text{ m.}$
 $L_{oz} = 5.480 \text{ m.}$

-. Effective length factors.
 $K_y = 1.200$
 $K_z = 1.200$

-. $SLE_{Ny} = K_y \cdot L_{oy} / i_y = 91.120 > SR_y \text{ ---> SLENDER.}$
 -. $SLE_{Nz} = K_z \cdot L_{oz} / i_z = 28.475 \leq SR_z \text{ ---> NOT SLENDER.}$

(). Calculate design moment for slender/non-slender element about major axis.

-. Nominal second order moment.
 $\omega = A_s \cdot f_{yd} / (A_c \cdot d \cdot f_{cd}) = 0.578$
 $\nu = 1 + \omega = 1.578$
 $n_{bal} = 0.4$
 $k_r = \text{MIN}[(\nu - n) / (\nu - n_{bal}), 1.0] = 1.000$
 $\beta = 0.35 + f_c / 200 - SLE_{N} / 150 = -0.107$
 $\Phi_{ef} = 2.140$
 $k_{\phi} = \text{MAX}[(1 + \beta \cdot \Phi_{ef}), 1.0] = 1.000$
 $d = H_c - d_o = 0.190 \text{ m.}$
 $1/r = k_r \cdot k_{\phi} \cdot [f_{yd} / (E_s \cdot 0.45 \cdot d)] = 2.288e-005$
 $e_{y2} = [(1/r) \cdot (K_y \cdot L_{oy})^2] / 10 = 0.099 \text{ m.}$
 $My_2 = N_{Ed} \cdot e_{y2} = 27.158 \text{ kN-m.}$

-. $M_{Edy_e} = My_0 + My_2 = 53.487 \text{ kN-m.}$
 -. $M_{Edy} = 25.080 \text{ kN-m.}$



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

```

-. Minimum moment by eccentricity.
  Emin_y = 0.033 m.
  M_Edy_min = N_Ed * Emin_y = 9.024 kN-m.
-. Applied design moment.
  M_Edy_app = MAX[ M_Edy_e, M_Edy, M_Edy_min ] = 53.487 kN-m.
--> M_Edy_app is applied for design.

```

(). Calculate design moment for slender/non-slender element about minor axis.

```

-. Minimum moment by eccentricity.
  Emin_z = 0.033 m.
  M_Edz_min = N_Ed * Emin_z = 9.024 kN-m.
-. Applied design moment.
  M_Edz_app = MAX[ M_Edz, M_Edz_min ] = 538.852 kN-m.
--> M_Edz_app is applied for design.

```

(). Design forces/moments of column(brace).

```

-. Axial Force (Compression) N_Ed = 274.45 kN.
-. Combined Bending Moment M_Ed = 541.50 kN-m.
-. Bending Moment about Local-y M_Edy = 53.49 kN-m.
-. Bending Moment about Local-z M_Edz = 538.85 kN-m.
-. Shear Force of Local-y V_Edy = 140.96 kN.
-. Shear Force of Local-z V_Edz = 19.38 kN.

```

[[[*]]] ANALYZE CAPACITY OF BIAXIALLY LOADED RC_COLUMN(RC-BRACE).

(). Compute design parameters.

```

-. Ag = 0.2000 m^2.
-. Ast = 0.0050 m^2.
-. Rhot = Ast/Ag = 0.025120
-. lambda = 0.8000 ( fck <= 50 MPa.)
-. eta = 1.0000 ( fck <= 50 MPa.)
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 17000.000 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fyd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.

```

(). Check the ratio of reinforcement.

```

-. Rhomin = 0.003000
-. Rhomax = 0.040000
-. Rhot = 0.025120
  Rhomin < Rhot < Rhomax ---> O.K !

```

(). Compute eccentricities of biaxially loaded column.

```

-. Ecn_y = ABS(M_Edz/N_Ed) = 1.9634 m.
-. Ecn_z = ABS(M_Edy/N_Ed) = 0.1949 m.
-. Eccn = ABS(M_Ed/N_Ed) = 1.9731 m.
-. Rota = ATAN(Ecn_y/Ecn_z) = 84.3313 deg.
-. Rotation of neutral axis = 36.0096 deg.

```



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

```
( ). Compute concentric axial load capacity.
-. N_Rd(max) = (eta*fcd)*(Ag-Ast) + fyd*Ast = 5280.51 kN.
-. Maximum Axial Compression : N_Rdc(max) = N_Rd(max) = 5280.51 kN.
-. Maximum Axial Tension : N_Rdt(max) = -fyd*Ast = -1965.91 kN.
```

*. Analysis of balanced condition.

```
( ). Compute capacity of concrete stress block.
-. ecu = 0.00350
-. c = ecu/(ecu+es)*d = 0.378 m.
-. a = lambda * X = 0.302 m.
-. AcOm = 0.085 m^2.
-. DCcy = 0.215 m.
-. DCcz = 0.021 m.
-. Cc = eta*fcd*AcOm = 1453.03 kN.
-. M_RdCy = Cc*DCcy = 30.46 kN-m.
-. M_RdCz = Cc*DCcz = 311.87 kN-m.
```

(). Compute capacity of reinforcement.

i	dsi	esi	fsi	Asi	Fsi	dzi	M_RdNyi	d yi	M_RdNzi
1	0.589	-0.001957	-391304.35	3.140e-004	-122.87	-0.065	7.99	-0.340	41.78
2	0.536	-0.001469	-293843.89	3.140e-004	-92.27	0.000	-0.00	-0.340	31.37
3	0.484	-0.000982	-196383.43	3.140e-004	-61.66	0.065	-4.01	-0.340	20.97
4	0.417	-0.000364	-72877.68	3.140e-004	-22.88	0.065	-1.49	-0.227	5.19
5	0.350	0.000253	50628.08	3.140e-004	15.90	0.065	1.03	-0.113	-1.80
6	0.284	0.000871	174133.83	3.140e-004	54.68	0.065	3.55	0.000	0.00
7	0.217	0.001488	297639.59	3.140e-004	93.46	0.065	6.07	0.113	10.59
8	0.150	0.002106	391304.35	3.140e-004	122.87	0.065	7.99	0.227	27.85
9	0.084	0.002723	391304.35	3.140e-004	122.87	0.065	7.99	0.340	41.78
10	0.136	0.002236	391304.35	3.140e-004	122.87	0.000	0.00	0.340	41.78
11	0.189	0.001749	349730.19	3.140e-004	109.82	-0.065	-7.14	0.340	37.34
12	0.256	0.001131	226224.43	3.140e-004	71.03	-0.065	-4.62	0.227	16.10
13	0.322	0.000514	102718.68	3.140e-004	32.25	-0.065	-2.10	0.113	3.66
14	0.389	-0.000104	-20787.08	3.140e-004	-6.53	-0.065	0.42	0.000	-0.00
15	0.455	-0.000721	-144292.84	3.140e-004	-45.31	-0.065	2.95	-0.113	5.13
16	0.522	-0.001339	-267798.59	3.140e-004	-84.09	-0.065	5.47	-0.227	19.06

-.Where,

di = Distance from the section's neutral axis to the i-th reinforcement (m.)

esi = Strain in the i-th reinforcement

fsi = Stress in the i-th reinforcement (KPa.)

Asi = Cross-section area of the i-th reinforcement (m^2.)

Fsi = Tensile strength of the i-th reinforcement (kN.)

dzi = Distance from the center of the section to the i-th reinforcement in the element local z-axis (m.)

d yi = Distance from the center of the section to the i-th reinforcement in the element local y-axis (m.)

M_RdNyi = Moment Resistance about the element local y-axes in the i-th reinforcement (kN-m.)

M_RdNzi = Moment Resistance about the element local z-axes in the i-th reinforcement (kN-m.)

```
-. Ns = SUM [ Fsi ] = 310.14 kN.
-. M_RdNy = SUM [ M_RdNyi ] = 24.11 kN-m.
-. M_RdNz = SUM [ M_RdNzi ] = 300.78 kN-m.
```

(). Compute nominal capacity(N_Rdb,M_Rdb) of Balanced Condition.

```
-. N_Rdb = Cc + Ns = 1763.17 kN.
-. M_Rdy = M_RdCy + M_RdNy = 54.57 kN-m.
-. M_Rdz = M_RdCz + M_RdNz = 612.65 kN-m.
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE :

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

$$-. M_{Rdb} = \text{SQRT}(M_{Rdy}^2 + M_{Rdz}^2) = 615.08 \text{ kN-m.}$$



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

Table with columns: Company (MIDAS), Author (Ing. Luca Sampietro), Client, File Name (MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs)

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

- (). Compare actual eccentricity with balanced eccentricity.
-. Balanced eccentricity : eb = M_Rdb/N_Rdb = 0.349 m.
-. Minimum eccentricity : Emin (not defined) = 0.000 m.
-. Actual eccentricity : Eccn = M_Ed/N_Ed = 1.973 m.
-. eb < Eccn ---> Tension controls.

- (). Search for neutral axis..... Unit : kN., m.
-. P-M calculation method : Keep M/P constant

Table with 7 columns: Trial, X, N_Rd, M_Rd, Eccn, Eccn, Ratio. Rows 1-st to 4-th.

*. Final analysis with searched neutral axis.

- (). Compute capacity of compression stress block.
-. a = lambda * X = 0.213 m.
-. Acom = 0.048 m^2.
-. DCcy = 0.279 m.
-. DCcz = 0.038 m.
-. Cc = eta*fcd*Acom = 807.90 kN.
-. M_RdCy = Cc*DCcz = 30.46 kN-m.
-. M_RdCz = Cc*DCcy = 225.42 kN-m.

- (). Compute capacity of reinforcement.

Table with 10 columns: i, dsi, esi, fsi, Asi, Fsi, dzi, M_RdNyi, dyi, M_RdNzi. Rows 1 to 16.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

Company	Client
MIDAS	
Author	File Name
Ing. Luca Sampietro	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

 -.Where,
 di = Distance from the section's neutral axis to the i-th reinforcement (m.)
 esi = Strain in the i-th reinforcement
 fsi = Stress in the i-th reinforcement (KPa.)
 Asi = Cross-section area of the i-th reinforcement (m^2.)
 Fsi = Tensile strength of the i-th reinforcement (kN.)
 dzi = Distance from the center of the section to the i-th reinforcement in the element local z-axis (m.)
 dyi = Distance from the center of the section to the i-th reinforcement in the element local y-axis (m.)
 M_RdNyi = Moment Resistance about the element local y-axes in the i-th reinforcement (kN-m.)
 M_RdNzi = Moment Resistance about the element local z-axes in the i-th reinforcement (kN-m.)

-. Ns = SUM [Fsi] = -530.73 kN.
 -. M_RdNy = SUM [M_RdNyi] = 24.25 kN-m.
 -. M_RdNz = SUM [M_RdNzi] = 325.65 kN-m.

(). Compute nominal capacity(N_Rd,M_Rd) of given neutral axis.
 -. N_Rd = Cc + Ns = 277.17 kN.
 -. M_Rdy = M_RdCy + M_RdNy = 54.70 kN-m.
 -. M_Rdz = M_RdCz + M_RdNz = 551.07 kN-m.
 -. M_Rd = SQRT(M_Rdy^2+M_Rdz^2) = 553.78 kN-m.

(). Check ratios of axial load and moment capacity.
 -. Rat_N = N_Ed / N_Rd = 0.990 < 1.000 ---> O.K.
 -. Rat_M = M_Ed / M_Rd = 0.978 < 1.000 ---> O.K.

[[[*]]] CALCULATE SHEAR CAPACITY ABOUT MAJOR AXIS.(END)

(). Compute design parameters.
 -. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
 -. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
 -. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 17000.000 KPa.
 -. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
 -. fyd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.
 -. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
 -. fywd = fyw / Gamma_s = 391304.348 KPa.
 -. Gamma_rd = 1.00

(). Compute concrete shear capacity in local-z direction.
 (LCB = 34, POS = J)
 -. Applied axial force : N_Ed = 235.159 kN.
 -. Applied moment : M_Edy = 52.625 kN-m.
 -. Applied shear force : V_Edz = 19.383 kN.
 -. bw = 0.800 m.
 -. d = 0.190 m.

(). Compute maximum spacing of ties/spirals.
 -. Smax = MIN[12*Dbar, Hc, Bc, 250 mm] = 0.240 m.

(). Calculate shear strength of concrete.
 -. k = MIN[1.0+SQRT(200/d), 2.0] = 2.0000 (by d unit is mm).
 -. Acv = 0.15200 m^2.
 -. Asl = Ast / 2 = 0.00251 m^2.
 -. Rhol = Asl / Acv = 0.01653
 -. C_Rdc = 0.18/Gamma_c = 0.1200
 -. Str_cp = MIN[N_Ed/Ac, 0.2*fcd] = 1175.7964 KPa.
 -. V_Rdc1 = [C_Rdc*k*(100*Rhol*fck)^(1/3) + 0.15*Str_cp]*Acv = 160.823 kN.
 -. V_Rdc2 = [0.035*k^(3/2)*SQRT(fck) + 0.15*Str_cp]*Acv = 109.225 kN.
 -. V_Rdc = MAX[V_Rdc1, V_Rdc2] = 160.823 kN.



CITTA' DI TORINO

**Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare**

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE :

	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

-. Vwd = 0.0 kN. (V_Rdc > V_Ed) ---> Shear reinforcement is not required.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

- ```
(). Calculate required shear reinforcement. (Asw1 = 0.00005 m^2.)
-. Asw/s1 = Vwd / {cot(Theta)*(0.9*fywd*d)} = 0.00000 m^2/m.
-. Calculate spacing s1 = Not Required.
-. Rhow = 0.00097 (by concrete and steel classes).
-. Smax1 = Asw / (bw*Rhow) = 0.25674 m.
-. Required spacing s_req = MIN[Smax, Smax1] = 0.24000 m.
-. N_leg = 4
-. Asw / s_req = N_leg*Asw1 / s_req = 0.00083 m^2/m.
-. Applied spacing s_app = 0.10000 m.

(). Check ratio of shear capacity.
-. V_Ed / V_Rdc = 0.121
-. V_Ed / V_Rds = 0.145
-. V_Ed / V_RdMax = 0.033
-. Rat_V = 0.121
```

[[[\*]]] CALCULATE SHEAR CAPACITY ABOUT MINOR AXIS.( END )

- ```
( ). Compute design parameters.
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 17000.000 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fyd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fywd = fyw / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_rd = 1.00

( ). Compute concrete shear capacity in local-y direction.
( LCB = 41, POS = J )
-. Applied axial force : N_Ed = 179.343 kN.
-. Applied moment : M_Edz = 330.410 kN-m.
-. Applied shear force : V_Edy = 140.962 kN.
-. bw = 0.250 m.
-. d = 0.740 m.

( ). Compute maximum spacing of ties/spirals.
-. Smax = MIN[ 12*Dbar, Hc, Bc, 250 mm ] = 0.240 m.

( ). Calculate shear strength of concrete.
-. k = MIN[ 1.0+SQRT(200/d), 2.0 ] = 1.5199 (by d unit is mm).
-. Acv = 0.18500 m^2.
-. Asl = Ast / 2 = 0.00251 m^2.
-. Rho1 = Asl / Acv = 0.01358
-. C_Rdc = 0.18/Gamma_c = 0.1200
-. Str_cp = MIN[ N_Ed/Ac, 0.2*fcd ] = 896.7161 KPa.
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

```

-. V_Rdc1 = [C_Rdc*k*(100*Rho1*fck)^(1/3) + 0.15*Str_cp]*Acv = 140.980 kN.
-. V_Rdc2 = [0.035*k^(3/2)*SQRT(fck) + 0.15*Str_cp]*Acv = 91.337 kN.
-. V_Rdc = MAX[ V_Rdc1, V_Rdc2 ] = 140.980 kN.
-. Vwd = 0.0 kN. (V_Rdc > V_Ed) ---> Shear reinforcement is not required.

```

```

( ). Calculate required shear reinforcement. ( Asw1 = 0.00005 m^2. )
-. Asw/s1 = Vwd / {cot(Theta)*(0.9*fywd*d)} = 0.00000 m^2/m.
-. Calculate spacing s1 = Not Required.
-. Rhow = 0.00097 (by concrete and steel classes).
-. Smax1 = Asw / (bw*Rhow) = 0.41079 m.
-. Required spacing s_req = MIN[ Smax, Smax1 ] = 0.24000 m.
-. N_leg = 2
-. Asw / s_req = N_leg*Asw1 / s_req = 0.00042 m^2/m.
-. Applied spacing s_app = 0.10000 m.

```

```

( ). Check ratio of shear capacity.
-. V_Ed / V_Rdc = 1.000
-. V_Ed / V_Rds = 0.541
-. V_Ed / V_RdMax = 0.199
-. Rat_V = 1.000

```

[[[[]]]] CALCULATE SHEAR CAPACITY ABOUT MAJOR AXIS.(MIDDLE)

```

( ). Compute design parameters.
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 17000.000 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fywd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fywd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_rd = 1.00

```

```

( ). Compute concrete shear capacity in local-z direction.
( LCB = 34, POS = 1/2 )
-. Applied axial force : N_Ed = 248.859 kN.
-. Applied moment : M_Edy = 0.484 kN-m.
-. Applied shear force : V_Edz = 19.383 kN.
-. bw = 0.800 m.
-. d = 0.190 m.

```

```

( ). Compute maximum spacing of ties/spirals.
-. Smax = MIN[ 12*Dbar, Hc, Bc, 250 mm ] = 0.240 m.

```



CITTA DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

```
( ). Calculate shear strength of concrete.
-. k = MIN[ 1.0+SQRT(200/d), 2.0 ] = 2.0000 (by d unit is mm).
-. Acv = 0.15200 m^2.
-. Asl = Ast / 2 = 0.00251 m^2.
-. Rhol = Asl / Acv = 0.01653
-. C_Rdc = 0.18/Gamma_c = 0.1200
-. Str_cp = MIN[ N_Ed/Ac, 0.2*fcd ] = 1244.2964 KPa.
-. V_Rdc1 = [C_Rdc*k*(100*Rhol*fck)^(1/3) + 0.15*Str_cp]*Acv = 162.385 kN.
-. V_Rdc2 = [0.035*k^(3/2)*SQRT(fck) + 0.15*Str_cp]*Acv = 110.787 kN.
-. V_Rdc = MAX[ V_Rdc1, V_Rdc2 ] = 162.385 kN.
-. Vwd = 0.0 kN. (V_Rdc > V_Ed) ---> Shear reinforcement is not required.

( ). Calculate required shear reinforcement. ( Asw / sl = 0.00005 m^2/m )
-. Asw/sl = Vwd / {cot(Theta)*(0.9*fywd*d)} = 0.00000 m^2/m.
-. Calculate spacing sl = Not Required.
-. Rhow = 0.00097 (by concrete and steel classes).
-. Smax1 = Asw / (bw*Rhow) = 0.25674 m.
-. Required spacing s_req = MIN[ Smax, Smax1 ] = 0.24000 m.
-. N_leg = 4
-. Asw / s_req = N_leg*Asw1 / s_req = 0.00083 m^2/m.
-. Applied spacing s_app = 0.14700 m.

( ). Check ratio of shear capacity.
-. V_Ed / V_Rdc = 0.119
-. V_Ed / V_Rds = 0.213
-. V_Ed / V_RdMax = 0.033
-. Rat_V = 0.119
```

[[[*]]] CALCULATE SHEAR CAPACITY ABOUT MINOR AXIS.(MIDDLE)

```
( ). Compute design parameters.
-. Gamma_c = 1.50 (for Fundamental or Earthquakes).
-. Alpha_cc = 0.85 (Default or User Defined).
-. fcd = Alpha_cc * fck / Gamma_c = 17000.000 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fyd = fyk / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_s = 1.15 (for Fundamental or Earthquakes).
-. fywd = fyw / Gamma_s = 391304.348 KPa.
-. Gamma_rd = 1.00

( ). Compute concrete shear capacity in local-y direction.
( LCB = 40, POS = 1/2 )
-. Applied axial force : N_Ed = 182.284 kN.
-. Applied moment : M_Edz = 56.388 kN-m.
-. Applied shear force : V_Edy = 140.039 kN.
-. bw = 0.250 m.
-. d = 0.740 m.
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company		Client	
	Author	Ing. Luca Sampietro		File Name

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

```
( ). Compute maximum spacing of ties/spirals.
-. Smax = MIN[ 12*Dbar, Hc, Bc, 250 mm ] = 0.240 m.

( ). Calculate shear strength of concrete.
-. k = MIN[ 1.0+SQRT(200/d), 2.0 ] = 1.5199 (by d unit is mm).
-. Acv = 0.18500 m^2.
-. Asl = Ast / 2 = 0.00251 m^2.
-. Rho1 = Asl / Acv = 0.01358
-. C_Rdc = 0.18/Gamma_c = 0.1200
-. Str_cp = MIN[ N_Ed/Ac, 0.2*fcd ] = 911.4198 KPa.
-. V_Rdc1 = [C_Rdc*k*(100*Rho1*fck)^(1/3) + 0.15*Str_cp]*Acv = 141.388 kN.
-. V_Rdc2 = [0.035*k^(3/2)*SQRT(fck) + 0.15*Str_cp]*Acv = 91.745 kN.
-. V_Rdc = MAX[ V_Rdc1, V_Rdc2 ] = 141.388 kN.
-. Vwd = 0.0 kN. (V_Rdc > V_Ed) ---> Shear reinforcement is not required.

( ). Calculate required shear reinforcement. ( Asw1 = 0.00005 m^2. )
-. Asw/s1 = Vwd / {cot(Theta)*(0.9*fywd*d)} = 0.00000 m^2/m.
-. Calculate spacing s1 = Not Required.
-. Rhow = 0.00097 (by concrete and steel classes).
-. Smax1 = Asw / (bw*Rhow) = 0.41079 m.
-. Required spacing s_req = MIN[ Smax, Smax1 ] = 0.24000 m.
-. N_leg = 2
-. Asw / s_req = N_leg*Asw1 / s_req = 0.00042 m^2/m.
-. Applied spacing s_app = 0.14700 m.

( ). Check ratio of shear capacity.
-. V_Ed / V_Rdc = 0.990
-. V_Ed / V_Rds = 0.790
-. V_Ed / V_RdMax = 0.198
-. Rat_V = 0.990
```



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

midas Gen

RC Column Checking Result

PROJECT TITLE:

MIDAS	Company	Client
	Author	Ing. Luca Sampietro

MTL2_SLT_M01_AEL_00.rcs

midas Gen - RC-Column Checking [Eurocode2:04 & NTC2018] Gen 2021

[[[*]]] CHECK SERVICEABILITY STRESS LIMIT.

(). Calculate Tensile stress of Concrete.

-. LCB = 84 (Characteristic)
-. k1 = 0.60000
-. k3 = 0.80000

(Assumed Uncracked Section)

-. Pu = 292.73 kN.
-. Muy = -22.35 kN-m.
-. Muz = 172.34 kN-m.
-. n = 12.18154 (Long Term).
-. fctm = 0.30 * fck^(2/3) = 2896.46815 KPa.
-. frl = (1.6 - H/1000) * fctm = 3910.23201 KPa.
-. fr = MAX[fctm, frl] = 3910.23201 KPa.
-. Area = 0.25618 m^2.
-. y_bar = 0.40000 m.
-. y^I = 0.00000 m.
-. z_bar = 0.12500 m.
-. z^I = 0.25000 m.
-. Iyy = 0.00125 m^4.
-. Izz = 0.01400 m^4.

-. Ss_con (Tens.) = Pu/Area + Muy*(z'-z_bar)/Iyy + Muz*(y'-y_bar)/Izz = -6016.68238 KPa.
Ss_con (Tens.) > fr ---> Cracked Section !

(). Calculate stress of Concrete and Check Linear Creep.

-. LCB = 99 (Quasi-permanent)
-. k2 = 0.45000

(Assumed Uncracked Section)

-. Pu = 203.76 kN.
-. Muy = 5.13 kN-m.
-. Muz = 0.90 kN-m.
-. n = 12.18154 (Long Term).
-. fctm = 0.30 * fck^(2/3) = 2896.46815 KPa.
-. frl = (1.6 - H/1000) * fctm = 3910.23201 KPa.
-. fr = MAX[fctm, frl] = 3910.23201 KPa.
-. Area = 0.25618 m^2.
-. y_bar = 0.40000 m.
-. z_bar = 0.12500 m.
-. Iyy = 0.00125 m^4.
-. Izz = 0.01400 m^4.

-. Ss_con (Comp.) = Pu/Area + Muy*(z-z_bar)/Iyy + Muz*(y-y_bar)/Izz = 1334.51279 KPa.
Ss_con (Comp.) < k2*fck = 13500.00000 KPa. ---> O.K! and Linear Creep



Le immagini successive riportano le verifiche a flessione e a taglio della soletta di copertura, con l'indicazione del tasso di lavoro.

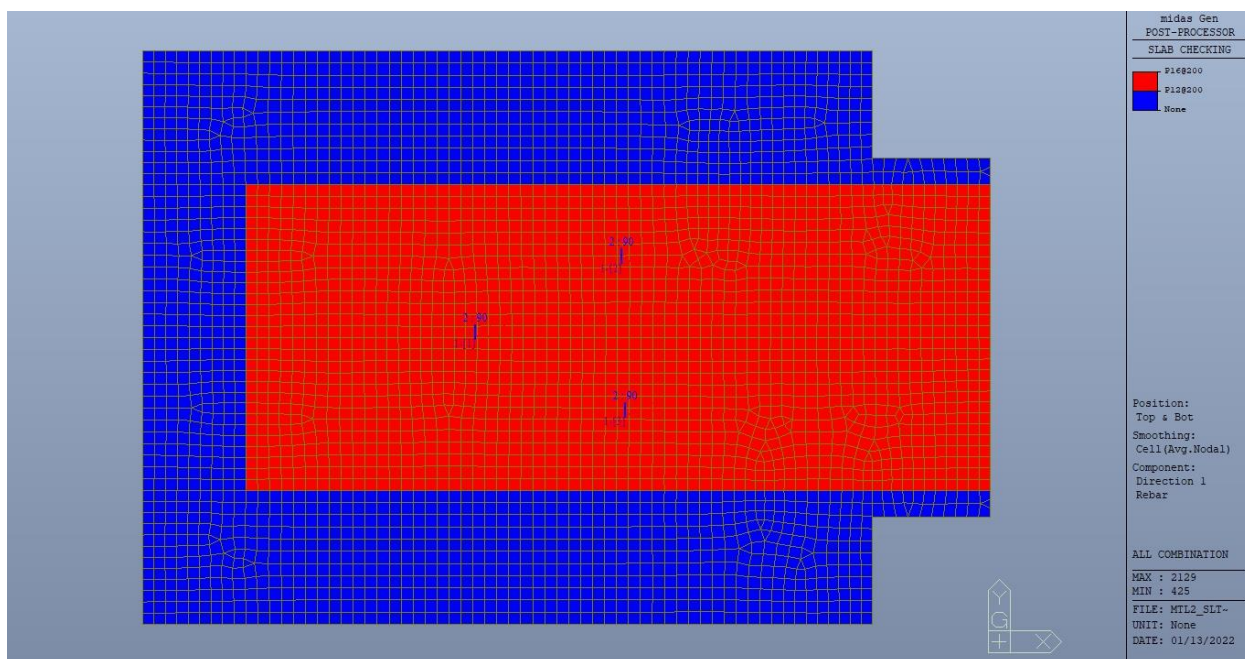


Figura 87. Armatura superiore e inferiore soletta di copertura Direzione 1

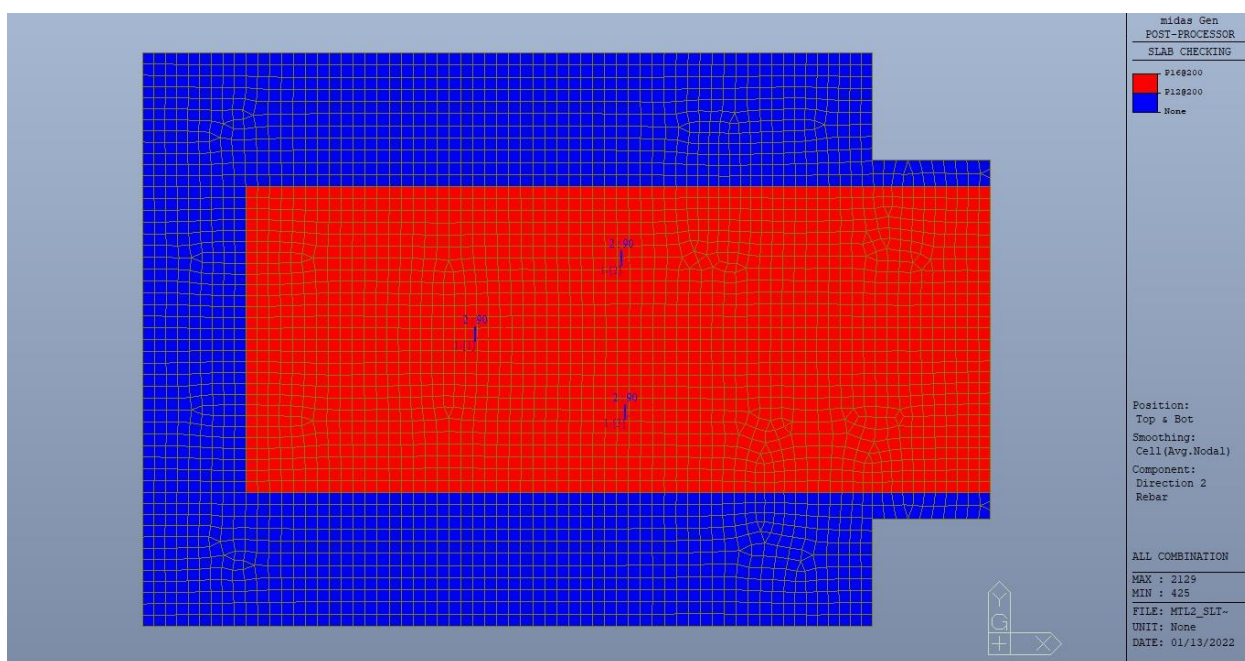


Figura 88. Armatura superiore e inferiore soletta di copertura Direzione 2



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

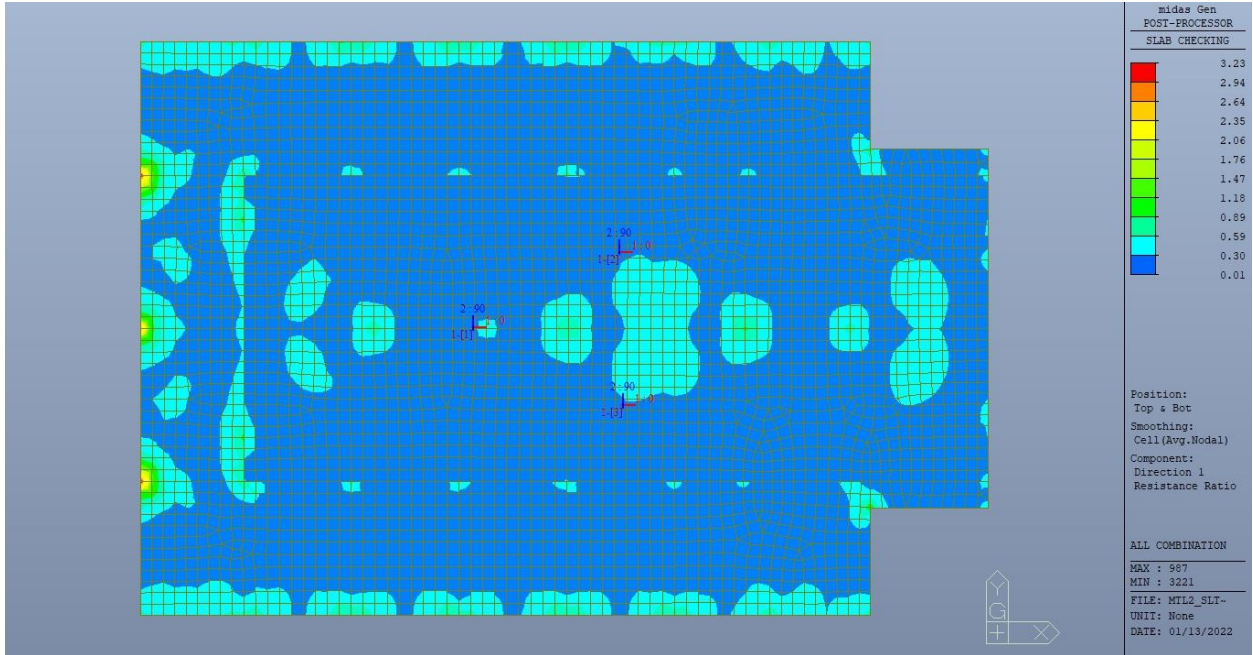


Figura 89. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 1

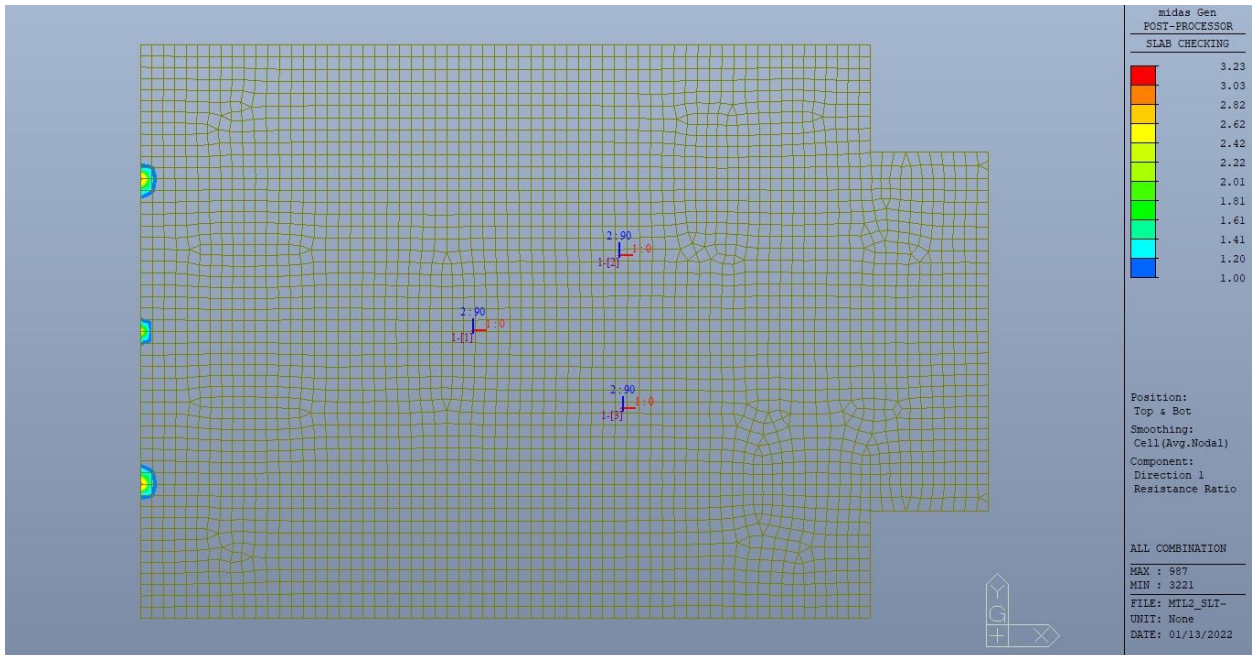


Figura 90. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

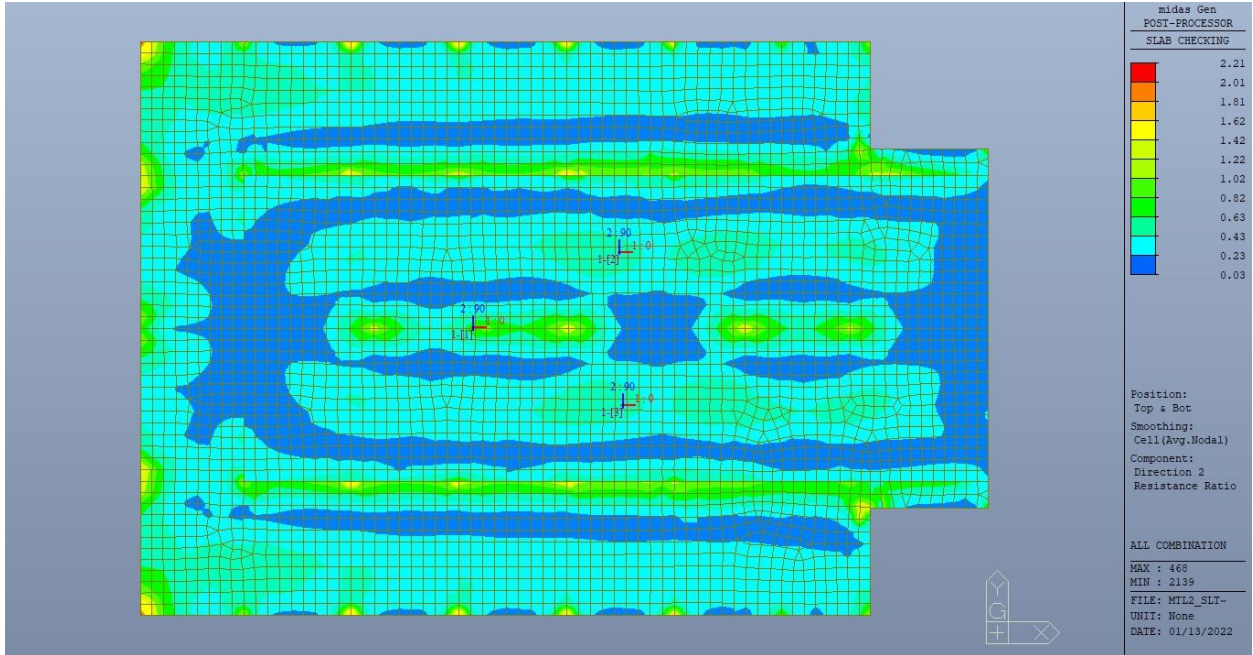


Figura 91. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 2

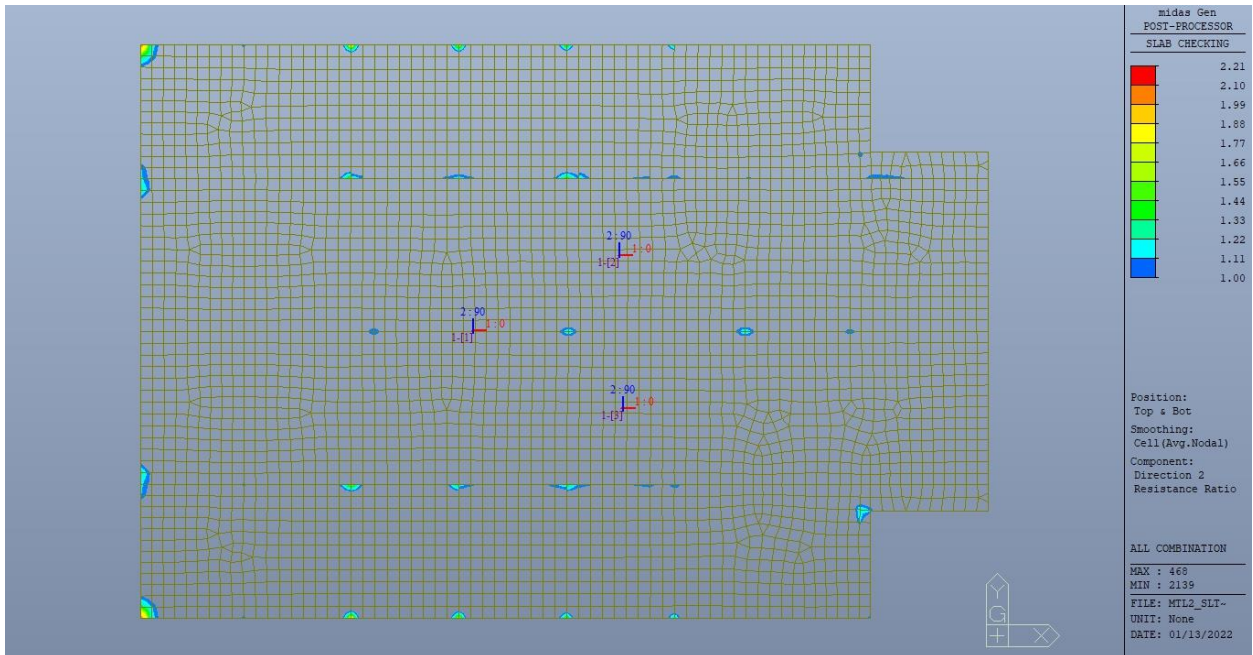


Figura 92. Massimo tasso di lavoro soletta di copertura Direzione 2 – Zone > 1



Per entrambe le direzioni, le zone con tasso di lavoro superiore all'unità sono localizzate e in numero ridotto rispetto alla totalità degli elementi, si può considerare la verifica soddisfatta.

La soletta piena di copertura deve essere verificata nei riguardi del punzonamento allo stato limite ultimo, in corrispondenza dei pilastri.

In mancanza di un'armatura trasversale appositamente dimensionata, la resistenza al punzonamento deve essere valutata sulla base della resistenza a trazione del calcestruzzo, intendendo la sollecitazione distribuita su di un perimetro efficace distante $2d$ dall'impronta caricata, con d altezza utile (media) della soletta.

Se, sulla base del calcolo, la resistenza a trazione del calcestruzzo sul perimetro efficace non è sufficiente per fornire la richiesta resistenza al punzonamento, vanno inserite apposite armature al taglio. Queste armature vanno estese fino al perimetro più esterno sul quale la resistenza a trazione del calcestruzzo risulta sufficiente.

L'immagine seguente riporta il ratio tra lo sforzo di taglio agente V_{Ed} quello resistente per elementi privi di armatura a taglio $V_{Rd,c}$, nonché il relativo perimetro efficace.

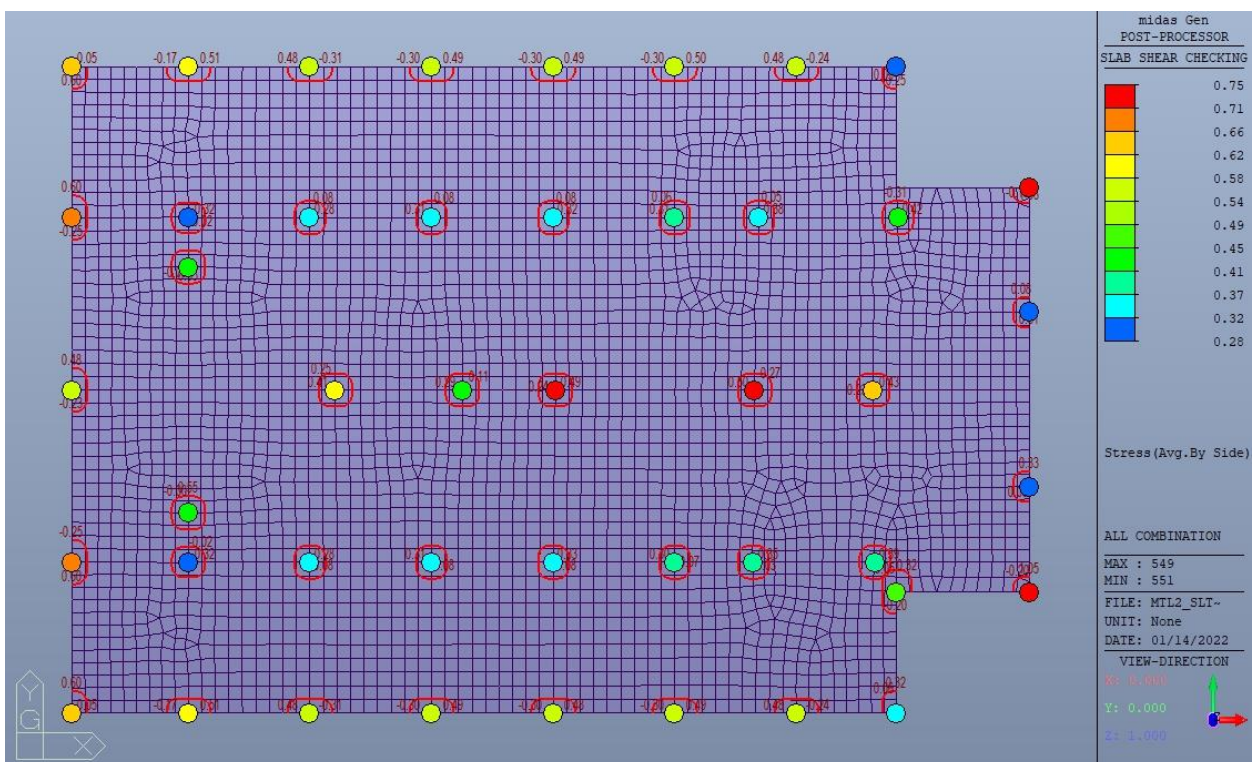


Figura 93. Soletta di copertura – Verifica a punzonamento -- Tasso di lavoro

Tutti i pilastri hanno un ratio inferiore all'unità, la verifica è soddisfatta.



Tabella 37. Resistenza a taglio di progetto $V_{Rd,c}$

CLS	C30/37		tipologia calcestruzzo
Acciaio	B450C		tipologia acciaio
f_{yk}	450	N/mm ²	valore caratteristico della resistenza a trazione acciaio
f_{ck}	30.71	N/mm ²	valore caratteristico della resistenza a compressione del cls
γ_c	1.5		coefficiente di sicurezza
c	40	mm	copriferro
d	210	mm	altezza utile sezione
k	1.98		
ρ_1	0.22%		rapporto geometrico di armatura longitudinale
v_{min}	0.539		
V_{Rd}	93.45	kN	
$V_{Rd,min}$	113.13	kN	
$V_{Rd,c}$	113.13	kN	resistenza a taglio NO armatura

Come riportato dalle immagini successive, la resistenza a taglio per elementi privi di armatura dedicata è superiore al taglio agente in ogni parte della soletta di copertura per entrambe le direzioni, fatta eccezione per zone localizzate e in numero ridotto.

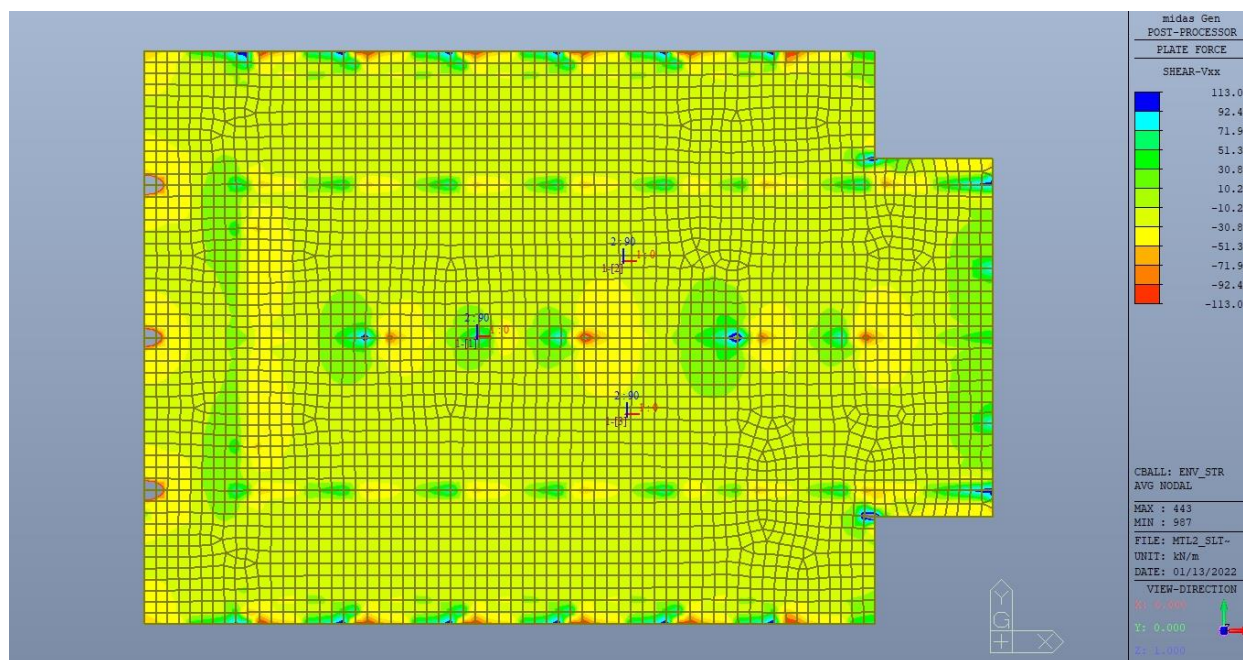


Figura 94. Resistenza a taglio Direzione 1

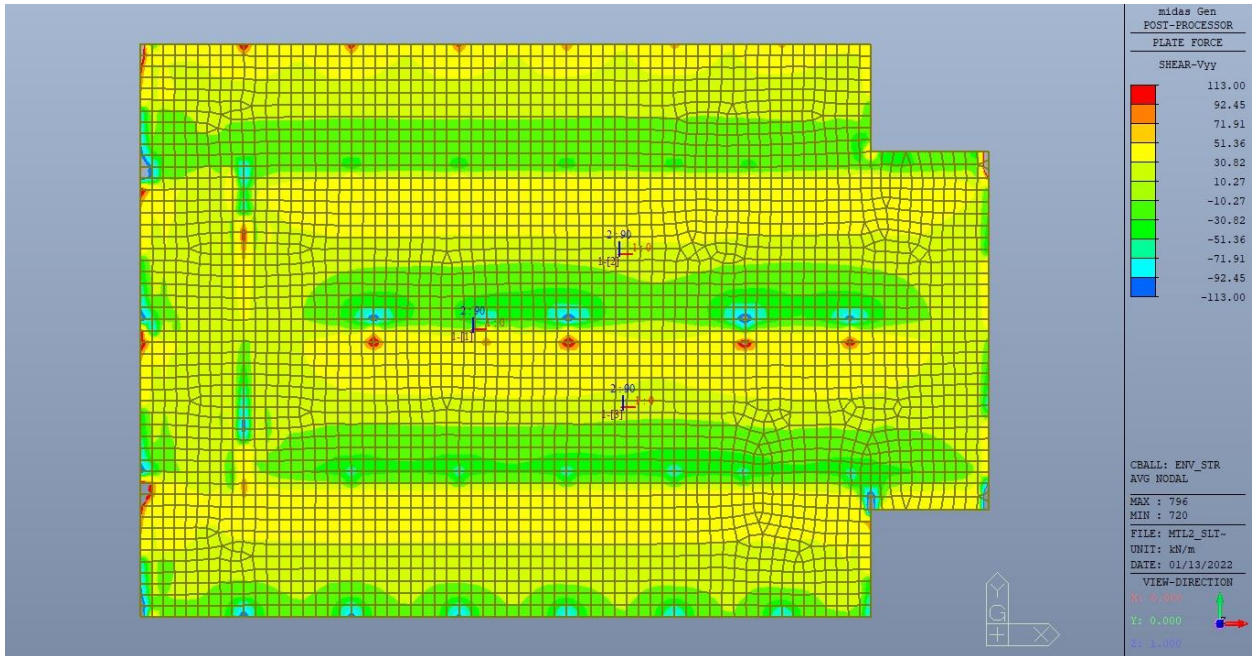


Figura 95. Resistenza a taglio Direzione 2

Si può ritenere la verifica soddisfatta.



9.6 Verifica stati limite di esercizio soletta di copertura – SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

9.6.1 Stato limite di deformazione

I limiti di deformabilità devono essere congruenti con le prestazioni richieste alla struttura anche in relazione alla destinazione d'uso, con riferimento alle esigenze statiche, funzionali ed estetiche.

Si può considerare la deformazione massima a pieno carico pari a 1/250 della luce di calcolo.

$L = 12.75 \text{ m}$ (tra travi rialzate interne)

$\delta_{\max} = 51\text{mm}$

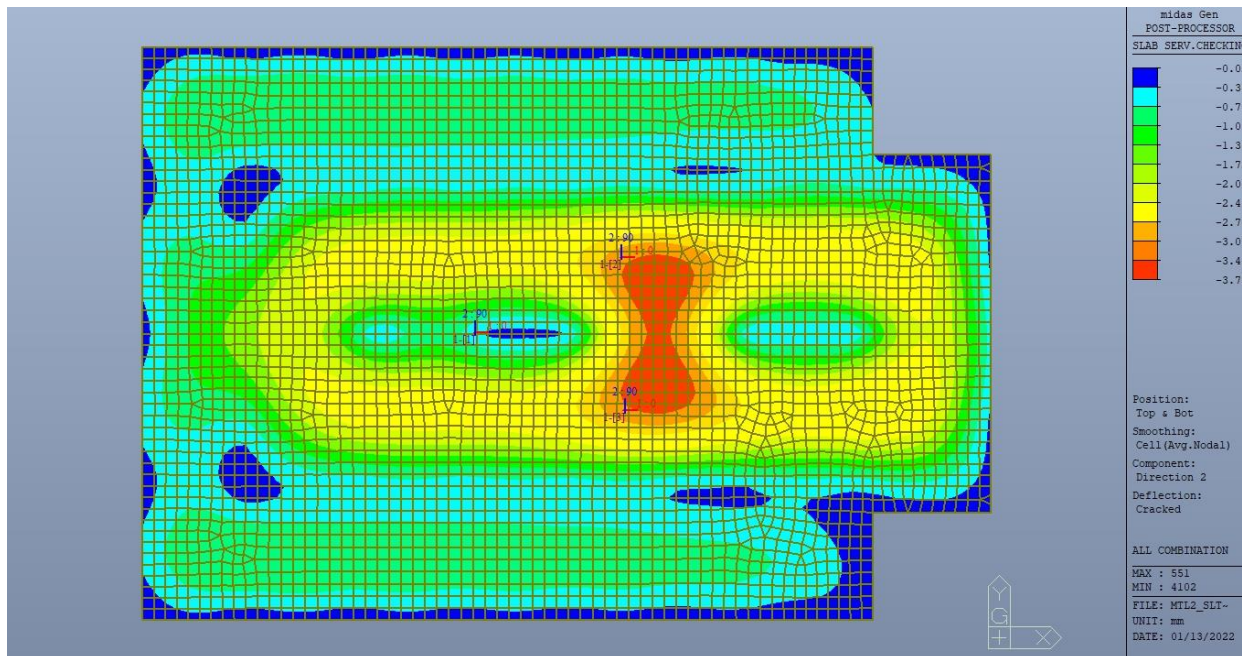


Figura 96. Massima deformazione – Sezione fessurata

Il massimo valore dell'abbassamento in combinazione RARA è pari a 3.75mm, inferiore al valore massimo e compatibile con le prestazioni richieste.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

La verifica è soddisfatta.

9.6.2 Stato limite di fessurazione

Ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche e della protezione contro il degrado del calcestruzzo, in funzione della classe di esposizione scelta si determina la condizione ambientale:

- ordinarie;
- aggressive;
- molto aggressive.

Stabilito la classe ambientale, in funzione della tipologia di armatura, se sensibile o poco sensibile alla corrosione, si determina il valore limite di apertura delle fessure.

In questo caso:

- classe di esposizione XC1;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w2 (0.3mm) combinazioni SLE Quasi Permanente.

Nelle seguenti immagini vengono riportati il ratio tra il valore di apertura delle fessure e il relativo valore limite nelle due direzioni di armatura; evidenziando, nel caso, le zone con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

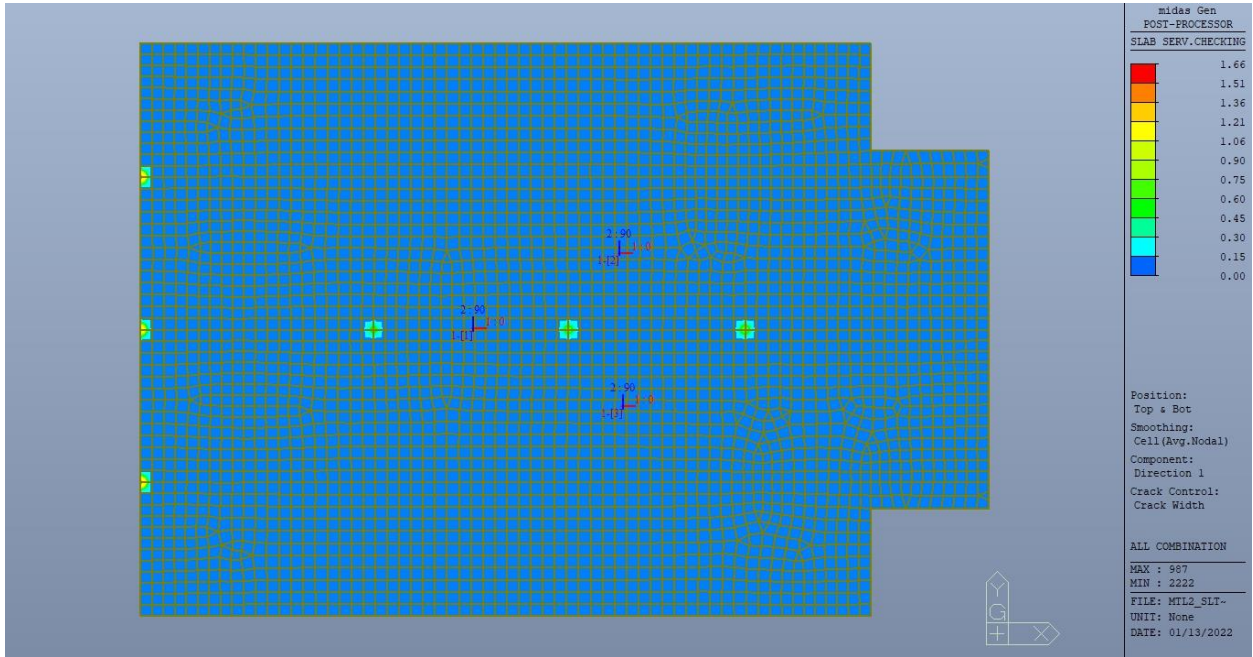


Figura 97. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1

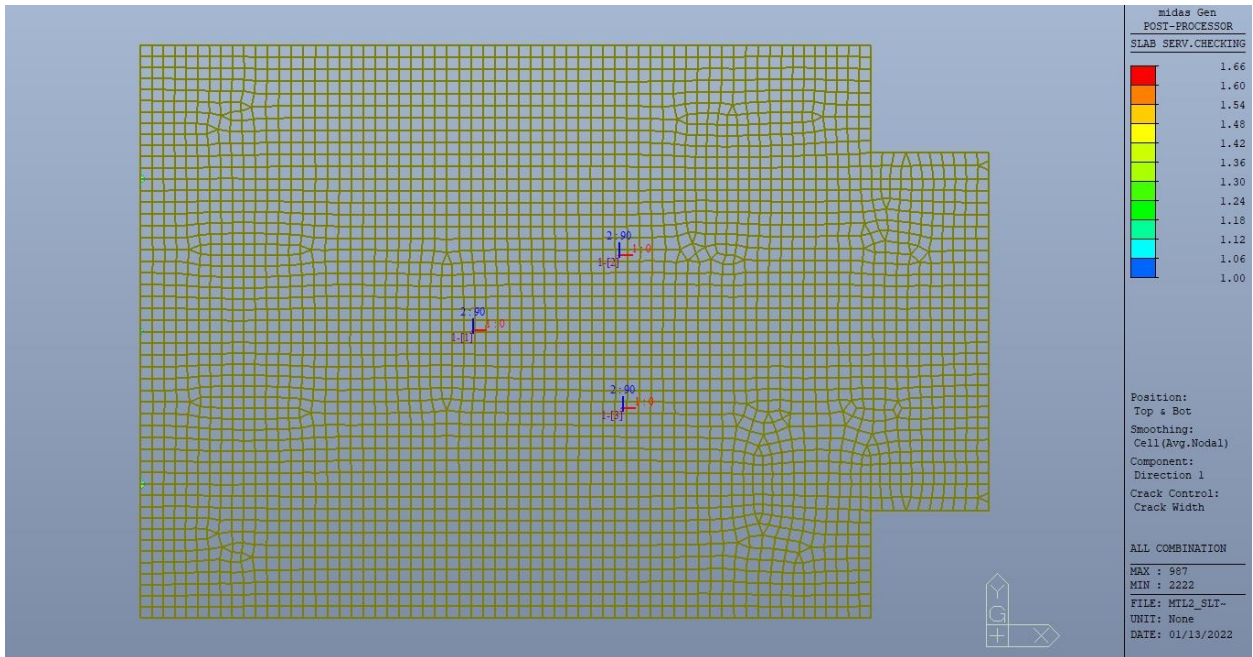


Figura 98. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

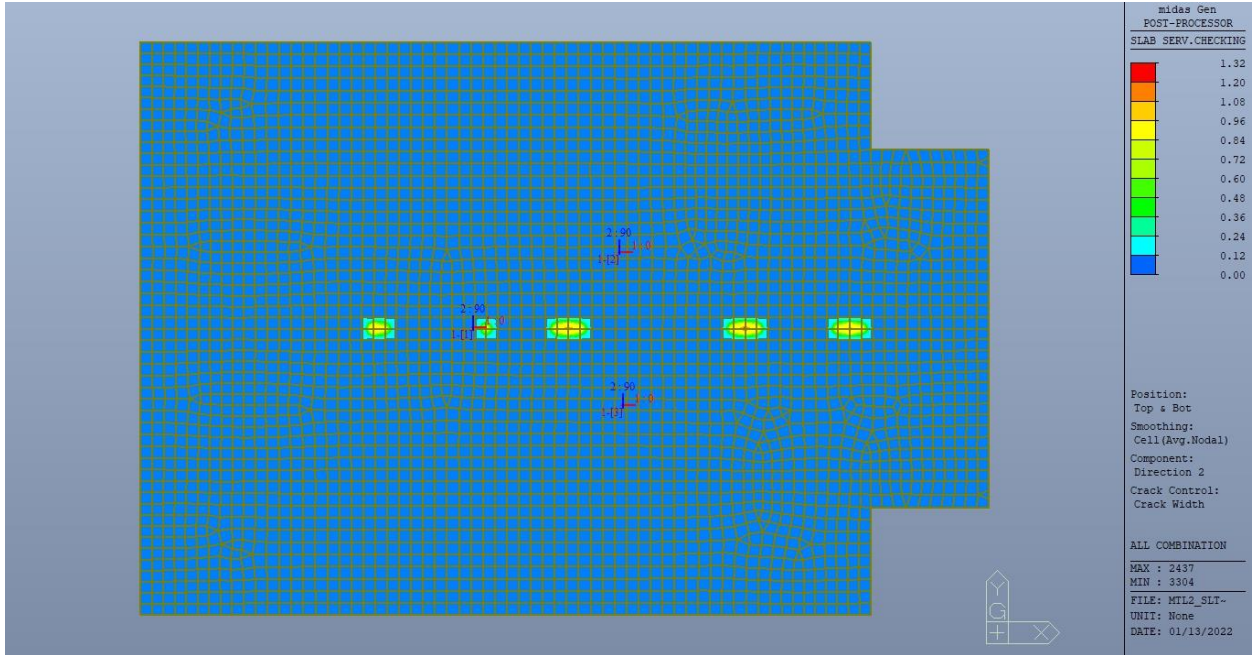


Figura 99. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2

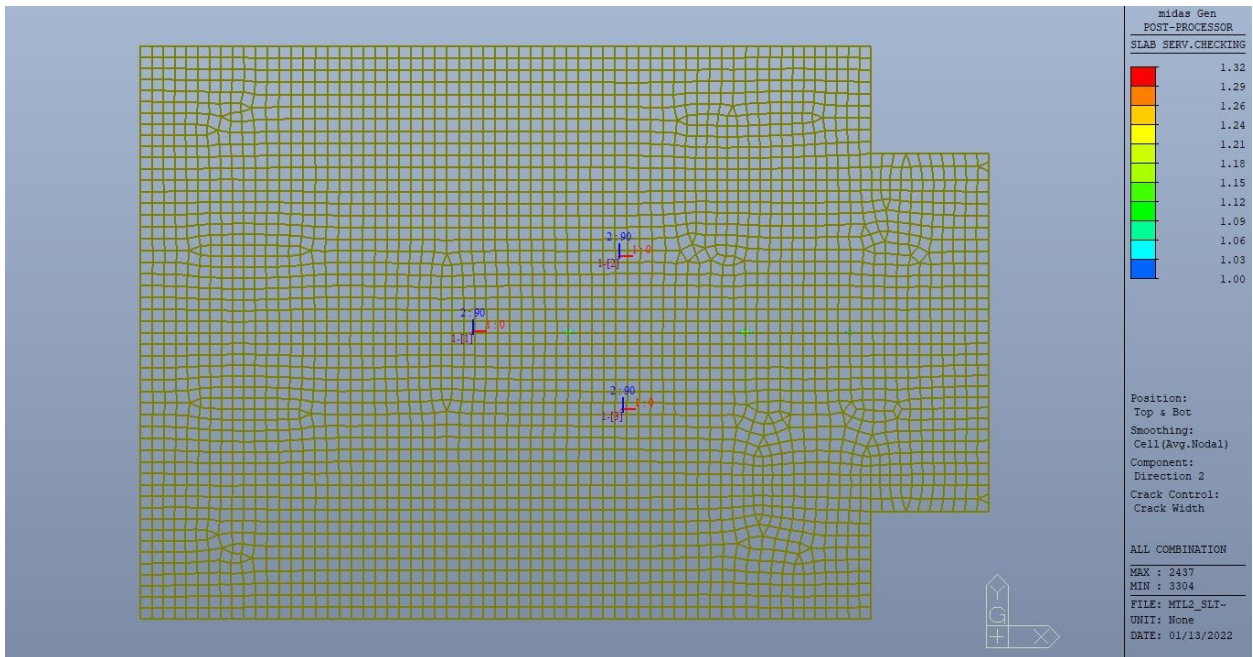


Figura 100. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni della soletta di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

9.6.3 Stato limite di limitazione delle tensioni in esercizio

Si deve verificare che nelle varie parti della struttura le massime tensioni, sia nel calcestruzzo sia nelle armature, dovute alle combinazioni caratteristiche e quasi permanente delle azioni siano inferiori ai massimi valori consentiti:

- $\sigma_{c,max} \leq 0.60 f_{ck}$ per la combinazione caratteristica;
- $\sigma_{c,max} \leq 0.45 f_{ck}$ per la combinazione quasi permanente;
- $\sigma_{s,max} \leq 0.80 f_{yk}$ per la combinazione caratteristica.

Nelle seguenti immagini vengono riportati il ratio tra la tensione massima (cls e armatura) e il relativo valore limite nelle due direzioni di armatura; evidenziando, nel caso, le zone con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

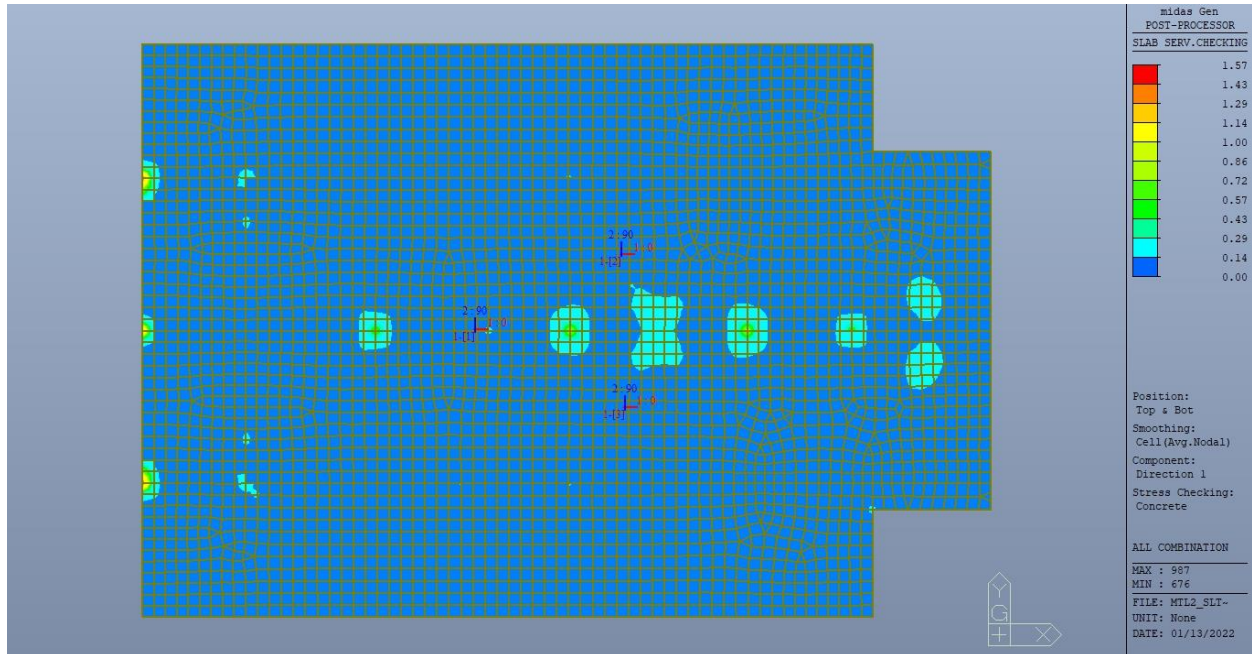


Figura 101. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1

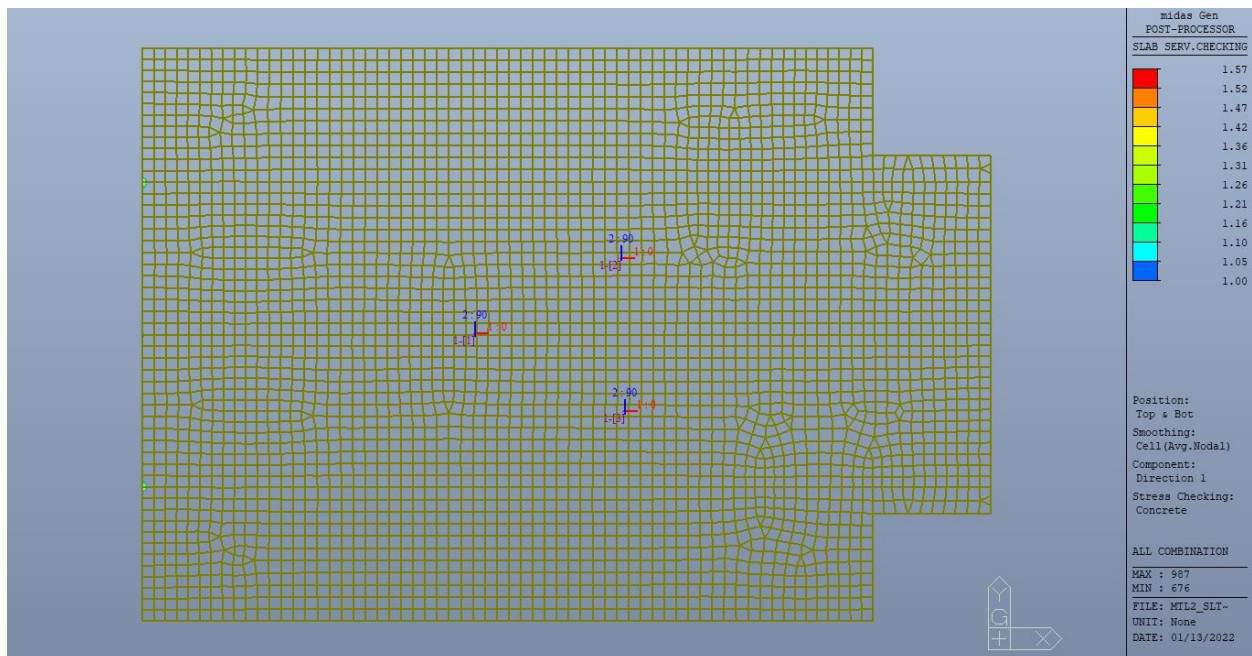


Figura 102. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

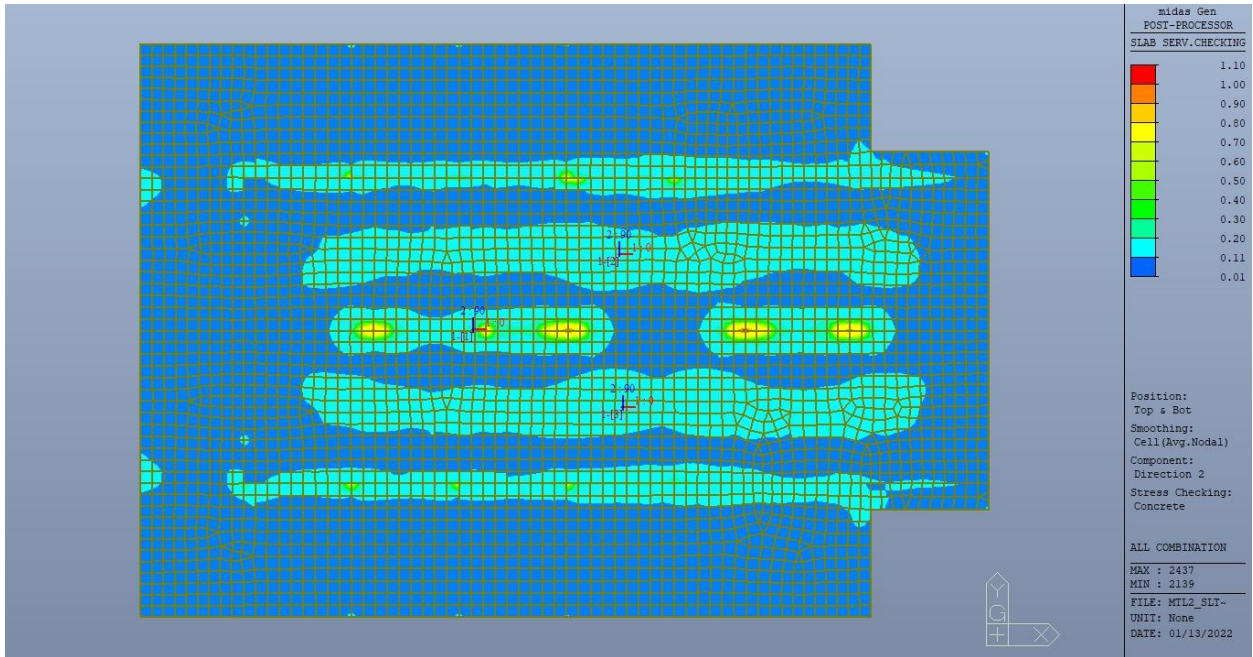


Figura 103. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2

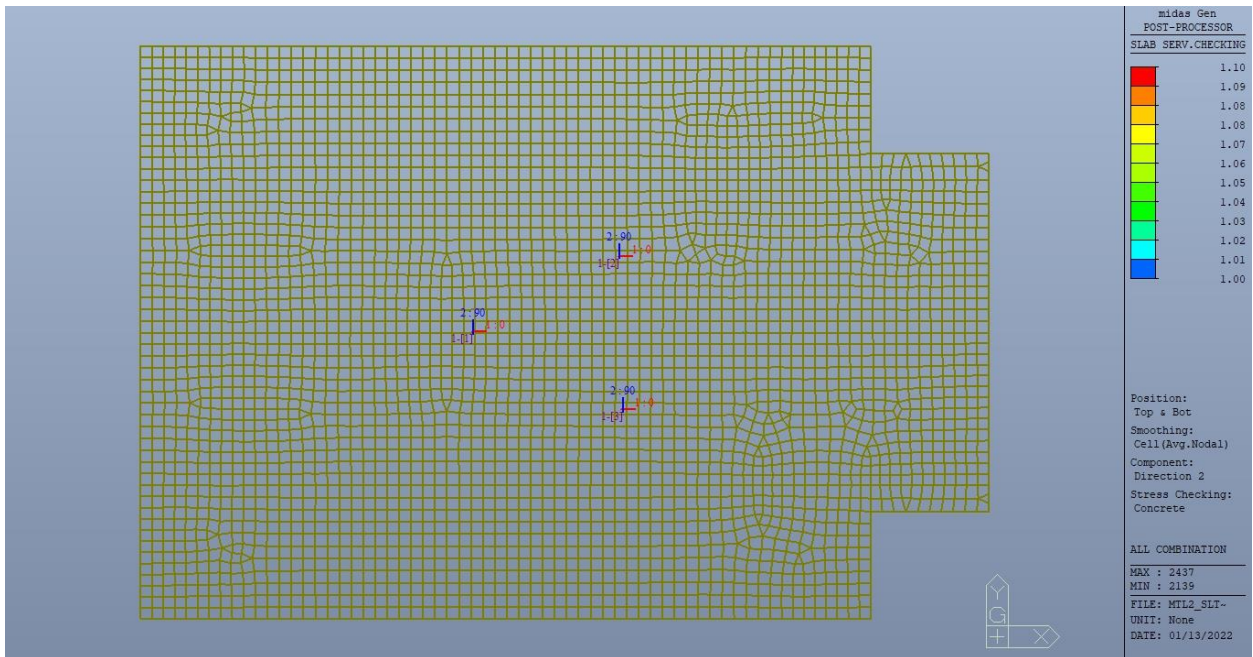


Figura 104. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

Metropolitana di Torino – Linea 2
Tratta: Politecnico - Rebaudengo
Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna
Stazione Giulio Cesare

Relazione di calcolo strutture accessi stazione

2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

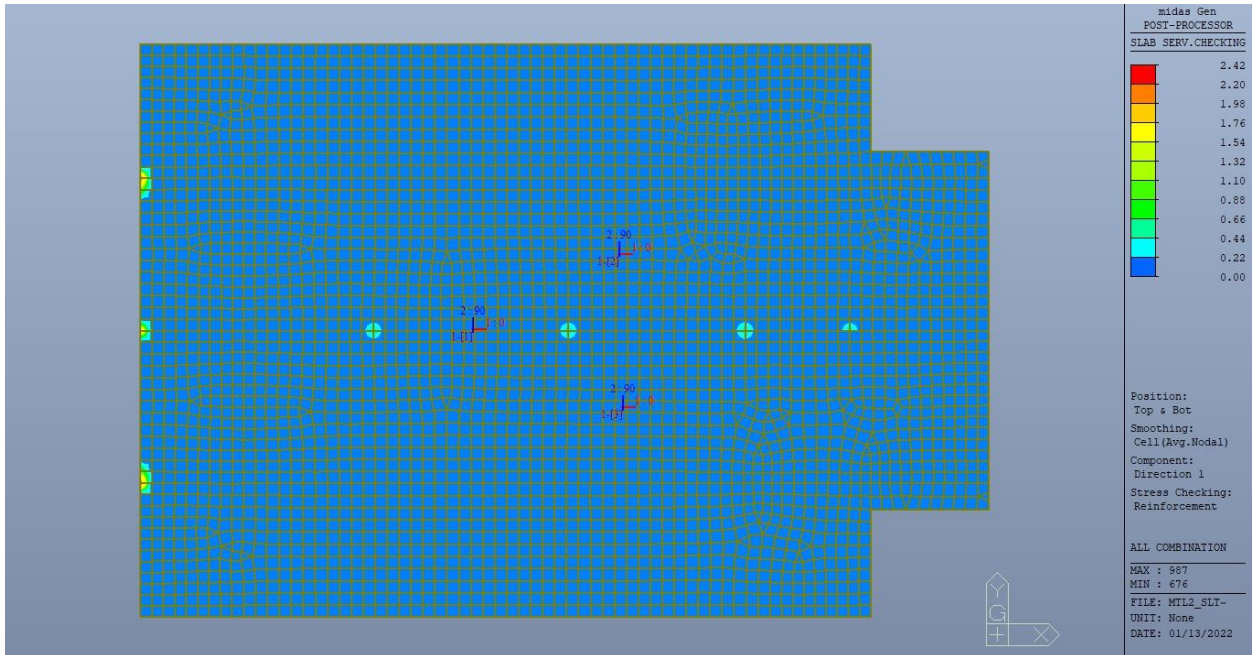


Figura 105. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1

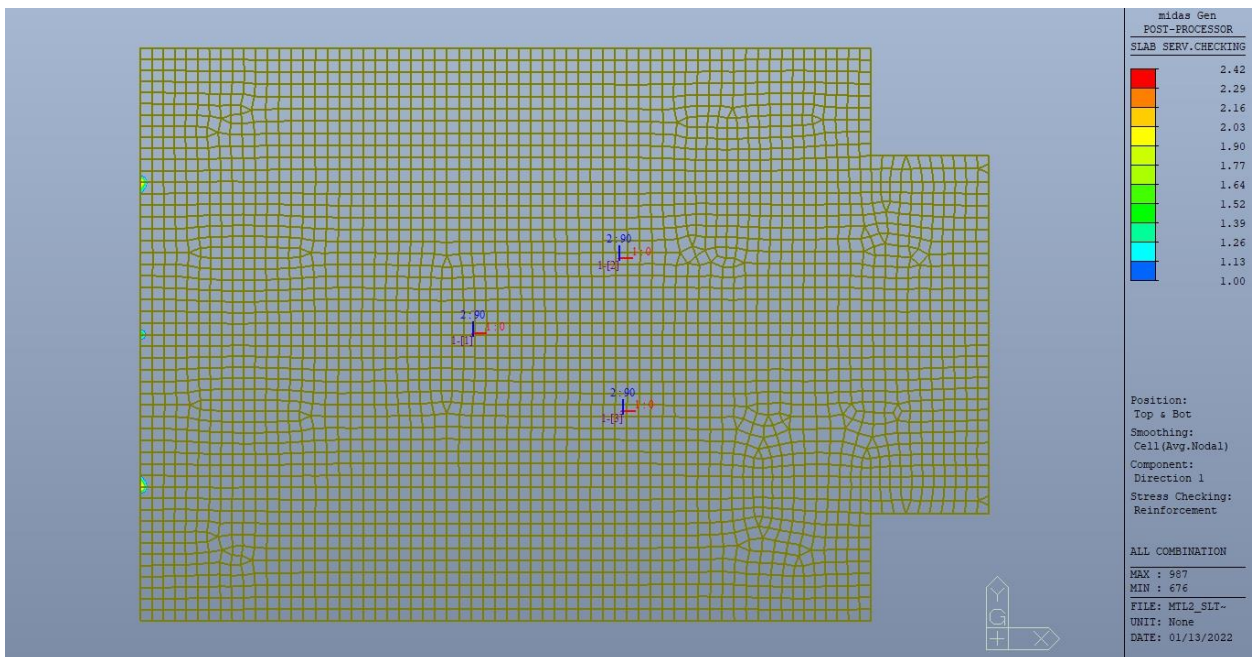


Figura 106. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1

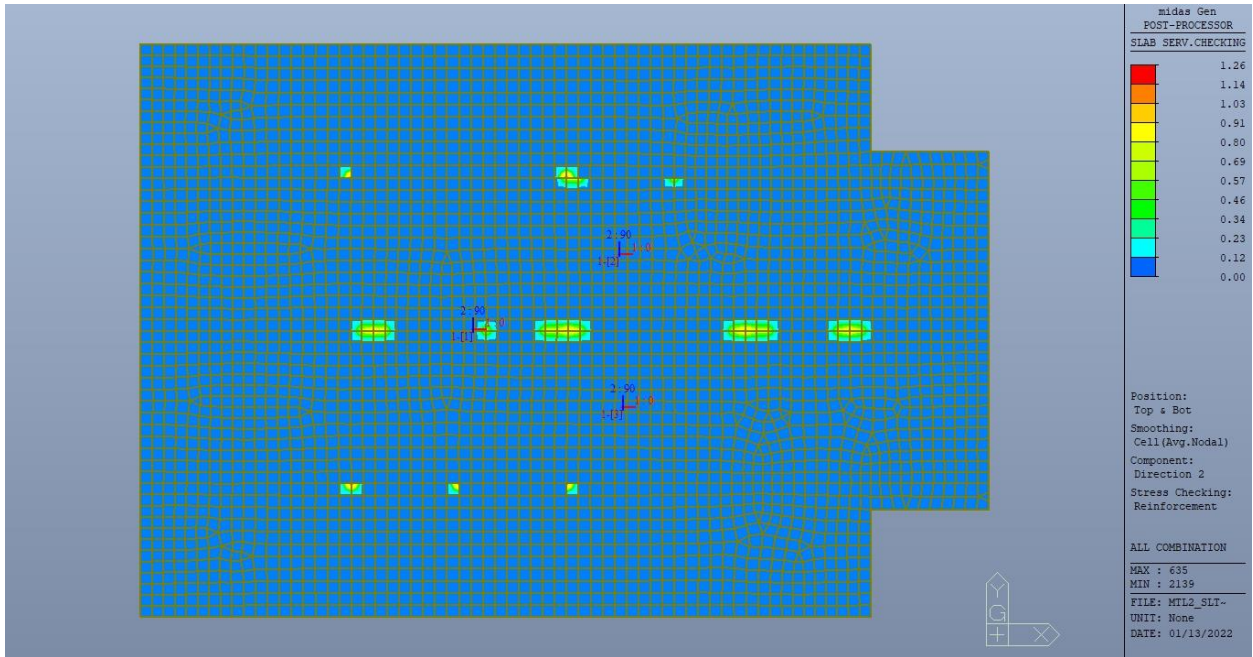


Figura 107. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2

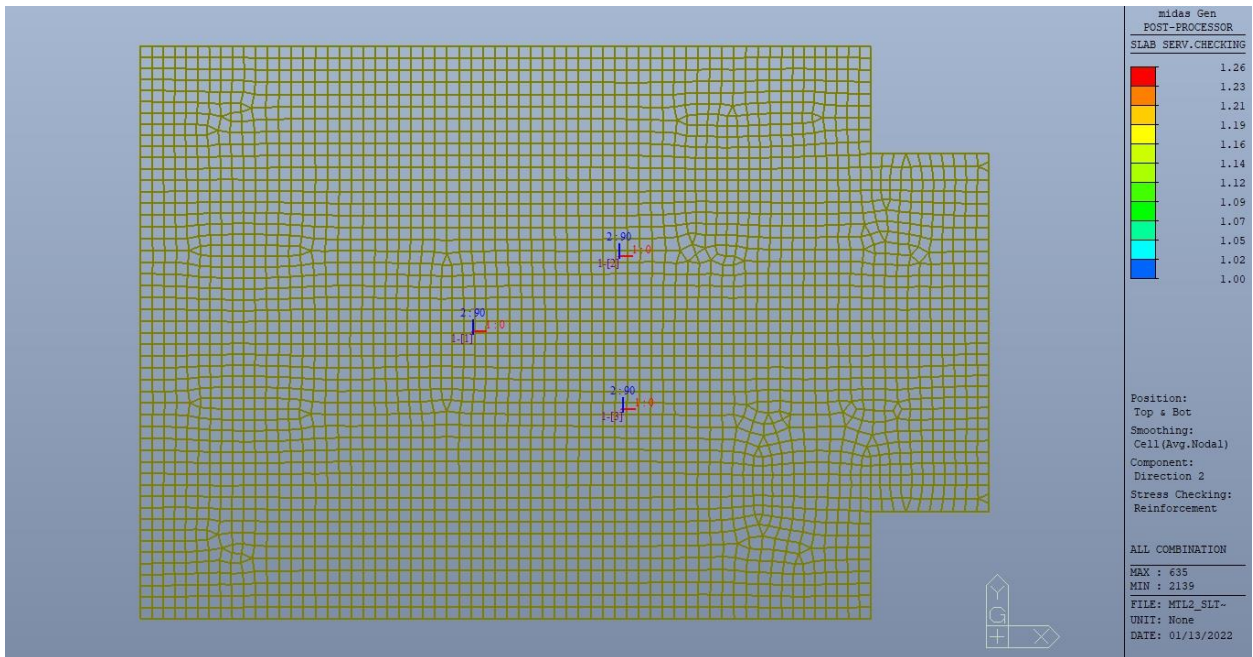


Figura 108. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1



Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni della soletta di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

10. COLLEGAMENTI STRUTTURALI

Per la sovrastruttura in carpenteria metallica è stato previsto un comportamento a telaio nelle due direzioni in quanto priva di controventi di parete necessari a resistere alle azioni orizzontali (ambientali e sismiche); lo schema adottato prevede vincoli di incastro sia al piede dei pilastri che nei nodi trave-pilastro e trave/trave.

Il collegamento del pilastro al solettone avviene tramite l'impiego di sei tirafondi M24 post-installati inseriti in riservazioni ricavate nel solettone in fase di getto (tramite l'impiego di tubi corrugati per massimizzarne la resistenza allo sfilamento), in modo tale da consentire, oltre ad eventuali correzioni nel posizionamento in pianta, anche la perfetta verticalità; a posizionamento avvenuto si esegue il riempimento delle riservazioni e la sigillatura finale

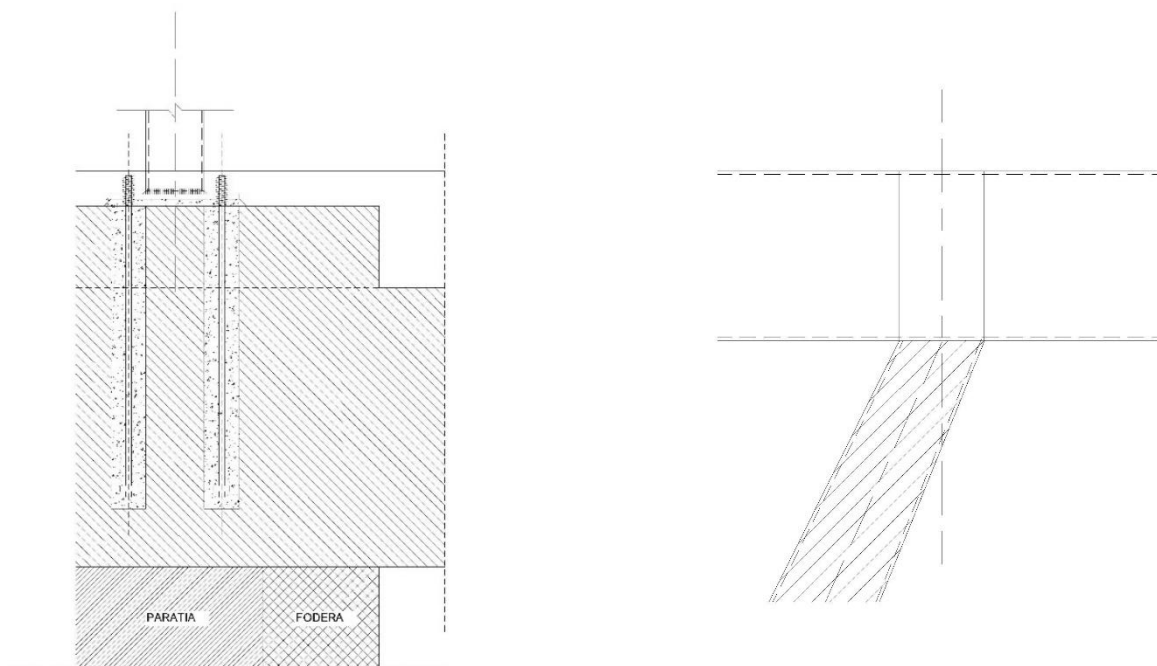


Figura 109. Nodo di base pilastro-solettone – Tipologico
Figura 110. Nodo trave/pilastro e trave/trave - Tipologico

Tutti i collegamenti trave/pilastro e trave/trave sono incastri e, come da progetto architettonico, realizzati senza l'impiego di bullonature ma tramite saldature a completa penetrazione.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

11. ROBUSTEZZA STRUTTURALE

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti.

È opportuno che le costruzioni possiedano un grado adeguato di robustezza, in funzione dell'uso previsto della costruzione, individuando gli scenari di rischio e le azioni eccezionali rilevanti ai fini della sua progettazione

11.1 Urto da traffico veicolare

La verifica viene condotta simulando l'urto di un veicolo su uno dei pilastri perimetrali in carpenteria metallica; tale analisi viene eseguita solamente per la porzione di sovrastruttura viaggiatori in quanto nella zona locali tecnici è presente la struttura in c.a.

Le azioni da urto hanno direzione parallela a quella del moto del veicolo al momento dell'impatto. Nelle verifiche si possono considerare, non simultaneamente, due azioni nelle direzioni parallela ($F_{d,x}$) e ortogonale ($F_{d,y}$) alla direzione di marcia normale con

$$F_{d,y} = 0.50 F_{d,x}$$

Tab. 3.6.III – Forze statiche equivalenti agli urti di veicoli

Tipo di strada	Tipo di veicolo	Forza $F_{d,x}$ [kN]
Autostrade, strade extraurbane	-	1000
Strade locali	-	750
Strade urbane	-	500
Aree di parcheggio e autorimesse	Automobili	50
	Veicoli destinati al trasporto di merci, aventi massa massima superiore a 3,5 t	150

Per urti sulle membrature verticali, la forza risultante di collisione F deve essere applicata sulla struttura 1,25 m al di sopra della superficie di marcia.

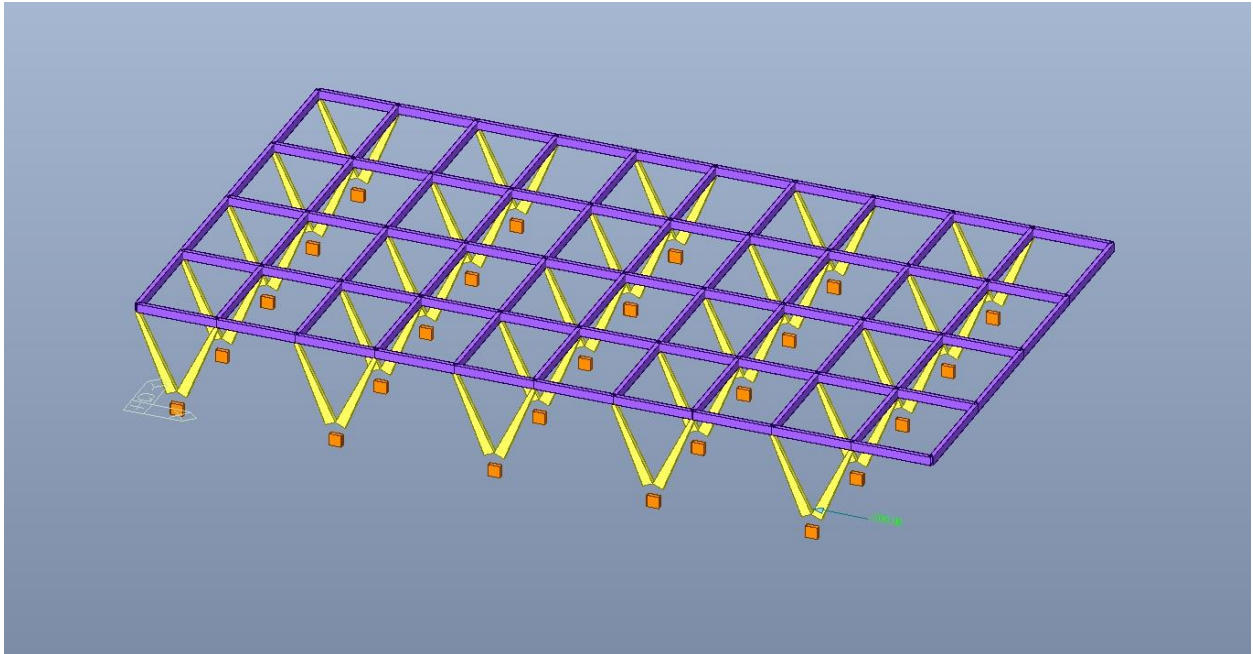


Figura 111. Urto $F_{d,x}$ – Azione parallela alla direzione di marcia

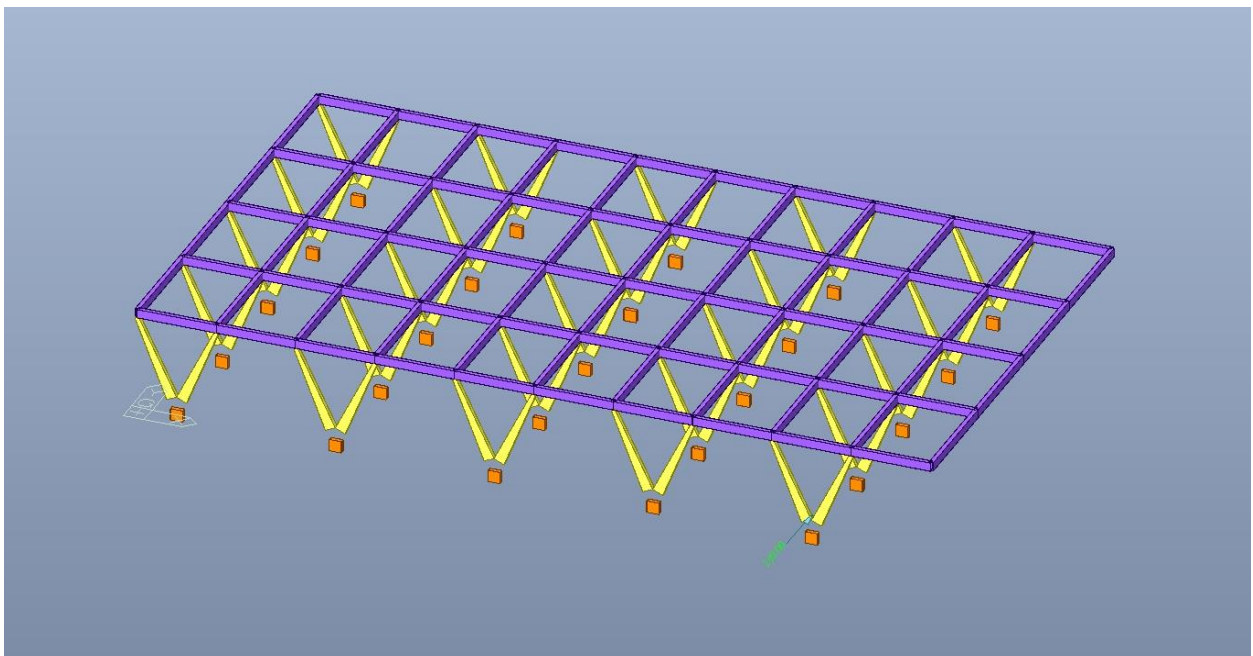


Figura 112. Urto $F_{d,y}$ – Azione ortogonale alla direzione di marcia



11.2 Verifiche strutturali

Di seguito si riportano i risultati dell'analisi effettuata sul modello FEM, per le combinazioni eccezionali.

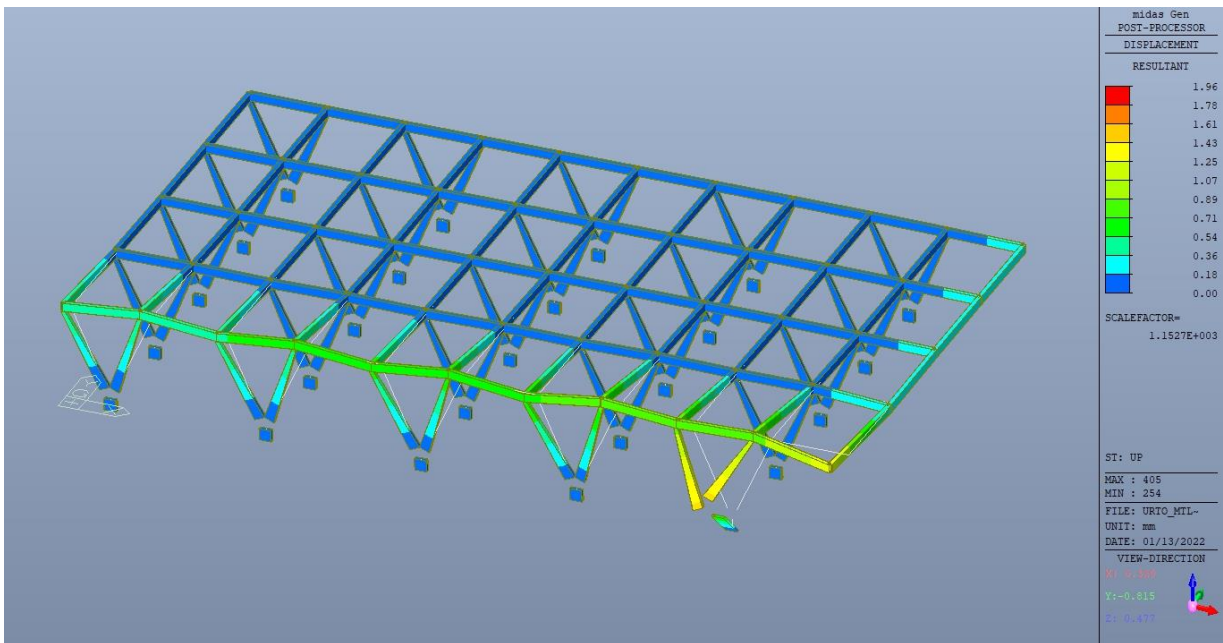


Figura 113. Spostamenti in direzione X – Azione parallela alla direzione di marcia

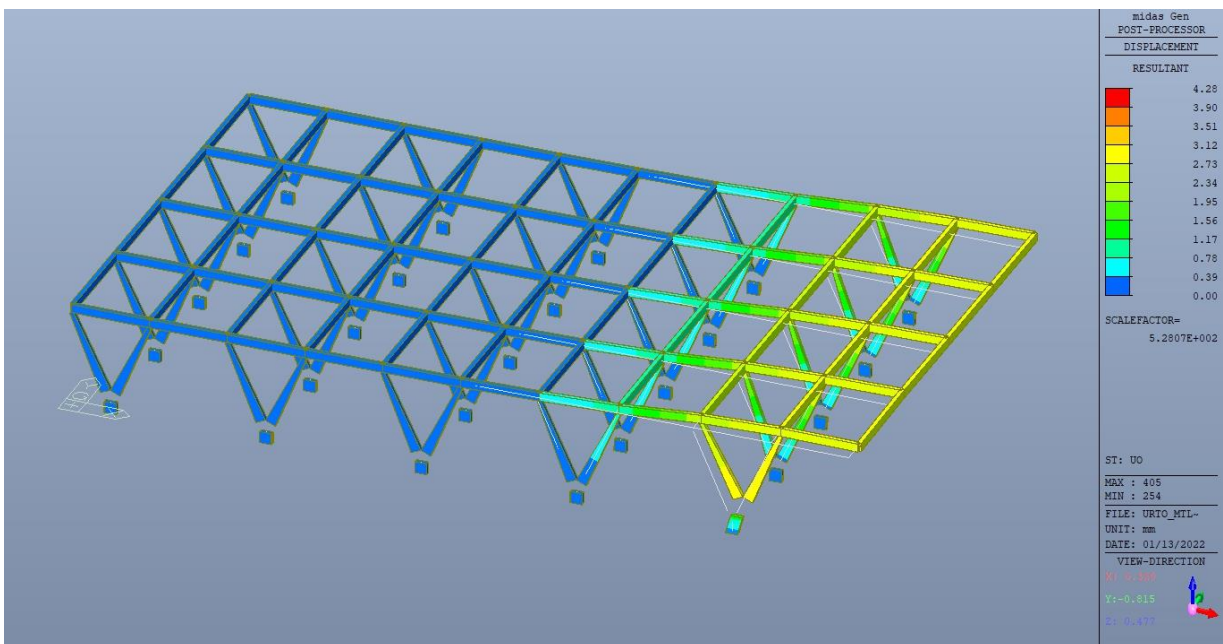


Figura 114. Spostamenti in direzione Y – Azione ortogonale alla direzione di marcia



L'urto del veicolo genera spostamenti limitati, tali da non compromettere la stabilità della struttura in carpenteria metallica.

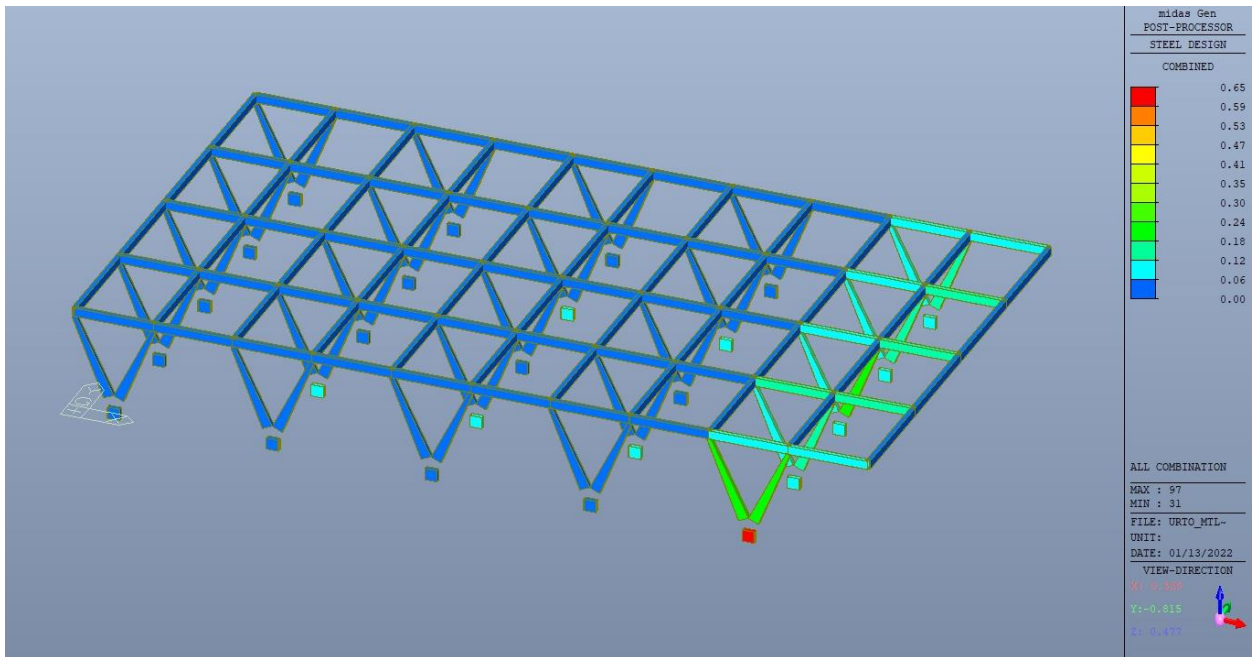


Figura 115. Tasso di lavoro

Eurocode3:05 Code Checking Result Dialog

Code : EC3:05 Unit : kN , mm Primary Sorting Option

Sorted by Member Property

CHK	MEMB	SECT	SE	Section		LCB	Len	Ly	Ky	Bmy	N,Ed	My,Ed	Mz,Ed	Vy,Ed	Vz,Ed	T,Ed	Def	
				Material	Fy													
OK	88	1	□	TR_250x500x10	0.35500	2	4500.00	4500.00	1.000	1.000	0.06544	-136329	-136329	-988.91	-0.2287	-55.022	-	-
	0.163	0.027		S355	0.35500		4500.00	4500.00	1.000	1.000	5183.00	0.00000	843835	519898	1024.80	2049.59	-	-
OK	95	2	□	PIL_V	0.35500	2	4817.83	4817.83	1.000	1.000	-31.696	-70381	-70381	13731.0	5.68862	-19.465	-	-
	0.196	0.038		S355	0.35500		4817.83	4817.83	1.000	1.000	5271.59	0.00000	406927	947234	951.011	1024.80	-	-
OK	97	3	□	PIL_BASE	0.35500	2	669.000	669.000	2.315	0.850	-96.966	257452	257452	-5834.4	-19.063	211.617	-	-
	0.646	0.206		S355	0.35500		669.000	669.000	2.315	0.850	5584.29	0.00000	418366	1117241	2430.64	1024.80	-	-

Connect Model View View Result Ratio... Result View Option
 All OK NG

Figura 116. Verifica elementi – Tabella riassuntiva

Il tasso di lavoro è dello stesso ordine di grandezza di quello in combinazione SLU, la verifica è soddisfatta.



11.3 Incendio

Per incendio, si intende la combustione autoalimentata ed incontrollata di materiali combustibili presenti in un compartimento.

Ai fini della presente norma si fa riferimento ad un incendio convenzionale di progetto definito attraverso una curva di incendio che rappresenta l'andamento, in funzione del tempo, della temperatura media dei gas di combustione nell'intorno della superficie degli elementi strutturali. La curva di incendio di progetto può essere:

- nominale: curva adottata per la classificazione delle costruzioni e per le verifiche di resistenza al fuoco di tipo convenzionale;
- naturale: curva determinata in base a modelli d'incendio e a parametri fisici che definiscono le variabili di stato all'interno del compartimento.

In accordo con la Committenza, è stato utilizzato uno scenario di incendio localizzato (incendio in corrispondenza dell'emittitrice di biglietti) con uno sviluppo di gas a temperatura di 300°C.

Per incendio localizzato deve intendersi un focolaio d'incendio che interessa una zona limitata del compartimento antincendio, con sviluppo di calore concentrato in prossimità degli elementi strutturali posti superiormente al focolaio o immediatamente adiacenti.

11.3.1 Struttura in carpenteria metallica

Come evidenziato dalle immagini sottostanti, dato che per tale temperatura dei gas la resistenza a freddo (f_{yk}) dell'acciaio non subisce una riduzione e non potendo determinare la temperatura critica il cui valore limite inferiore è 400°C, si può ritenere la verifica in caso di incendio non significativa.

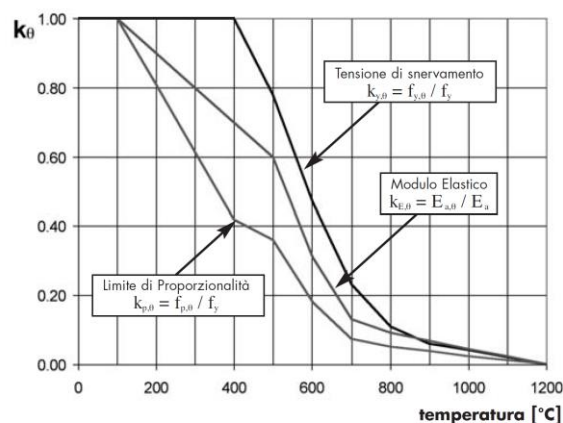


Figura 117. Variazione caratteristiche acciaio in funzione della temperatura



Temperatura critica θ_a - S355

	400°C	500°C	600°C	700°C	800°C	900°C
λ_{cr} (20°C)	$f_{y,0.2} \cdot [N/mm^2]$					
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

Figura 118. Temperatura critica per acciaio S355

11.3.2 Struttura in legno lamellare

Come riportato al par. 3.4.1 della UNI EN 1995-1-2 “Progettazione delle strutture di legno – Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l’incendio”:

- La carbonizzazione deve essere tenuta in considerazione per tutte le superfici di legno direttamente esposte al fuoco;
- La profondità di carbonizzazione è la distanza tra la superficie esterna dell’elemento originale e la posizione della linea di carbonizzazione e si raccomanda sia calcolate a partire dal tempo di esposizione al fuoco e della pertinente velocità di carbonizzazione;
- Si raccomanda che il calcolo della proprietà della sezione trasversale sia basato sulla reale profondità di carbonizzazione, inclusi gli arrotondamenti sugli spigoli;
- Si raccomanda che la posizione della linea di carbonizzazione si assuma in corrispondenza della posizione dell’isoterma a 300°C.

Secondo quanto sopra, dato che in fase di incendio la temperatura dei gas coincide con la temperatura della isoterma di posizionamento della linea di carbonizzazione, l’elemento ligneo non subisce una riduzione di sezione, si può ritenere la verifica in caso di incendio non significativa.

L’intera progettazione delle strutture è stata condotta secondo le prescrizioni contenute nelle NTC, tenuto conto dei criteri di progettazione per le azioni sismiche, urti e resistenza al fuoco; dai risultati è emerso il conseguimento di livelli di robustezza che possono essere ritenuti tipicamente soddisfacenti.

Analisi di resistenza al fuoco più approfondite potranno essere eseguite in fase di stesura del progetto esecutivo di dettaglio.



12. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI

In accordo al §10.2.1 delle NTC18, nel seguente capitolo si riporta la valutazione dell'accettabilità dei risultati ottenuti mediante il programma ad elementi finiti Midas Gen.

Tale valutazione ha compreso il confronto con i risultati di semplici calcoli, eseguiti con metodi tradizionali. Inoltre, sulla base di considerazioni riguardanti gli stati tensionali e deformativi determinati, si è valutata la validità delle scelte operate in sede di schematizzazione e di modellazione della struttura e delle azioni.

In particolare sono state condotte verifiche di equilibrio tra reazioni vincolari e carichi applicati, comparando, per i diversi casi di carico statici, le reazioni vincolari verticali (R_z) ottenute dall'analisi e dalle valutazioni semplificate per entrambe le porzioni.

Tabella 38. Confronto reazioni vincolari – Zona passeggeri

CARICHI	R_{z1} [kN]	R_{z2} [kN]	Δ [%]
SW	837	887	106%
G1	576	570	99%
G2	1153	1143	99%
QS	2055	2074	101%

Tabella 39. Confronto reazioni vincolari – Zona locali tecnici

CARICHI	R_{z1} [kN]	R_{z2} [kN]	Δ [%]
SW	7344	7564	103%
G1	313	313	100%
G2	2614	2630	101%
QS	1277	1335	105%

dove:

- SW è il peso proprio delle strutture modellate;
- G1 sono i carichi permanenti portati (vedere cap. 7.4);
- G2 sono i carichi permanenti portati (vedere cap. 7.4);
- QS è il carico neve (vedere cap. 7.4);
- R_{z1} è la somma di tutte le reazioni vincolari dell'analisi;
- R_{z2} è la somma di tutte le reazioni vincolari della valutazione semplificata;
- Δ è la differenza tra i due valori.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Giulio Cesare
Relazione di calcolo strutture accessi stazione	2_MTL2T1A1DSTRSGCR002-0-1.DOCX

Come si evince dalla tabella precedente, le differenze sono contenute all'interno del range $\pm 6\%$.

Si ritiene pertanto che tale confronto dimostri la robustezza e validità delle analisi effettuate.