

**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 CORELLI RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE INTERNE STAZIONE												
		ELABORATO							REV.		SCALA	DATA		
BIM MANAGER Geom. L. D'Accardi		MT	L2	T1	A1	D	STR	SCO	R	003	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>9.1.4</td> <td>3</td> <td>MTL2T1A1D</td> <td>STRSCOR003</td> </tr> </table>	LOTTO 1	CARTELLA	9.1.4	3	MTL2T1A1D	STRSCOR003	<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	9.1.4	3	MTL2T1A1D	STRSCOR003		

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

INDICE

1.	PREMESSA	12
2.	DOCUMENTI E NORMATIVE DI RIFERIMENTO	13
2.1	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	13
2.2	PROGRAMMI DI CALCOLO	17
3.	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	17
3.1	CALCESTRUZZO PER DIAFRAMMI: C25/30	17
3.2	STRUTTURE INTERNE E SOVRASTRUTTURA: C30/37	18
3.3	ACCIAIO DA CEMENTO ARMATO: B450C	18
3.4	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE: DIAFRAMMI	18
3.5	COPRIFERRO MINIMO E COPRIFERRO NOMINALE: STRUTTURE INTERNE E SOVRASTRUTTURA	21
3.6	ACCIAIO PER CARPENTERIA: S355J0	22
3.7	LEGNO LAMELLARE: GL24H	23
4.	DESCRIZIONE DELLE OPERE	23
5.	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	26
5.1	CONTESTO GEOLOGICO E IDROGEOLOGICO	26
5.2	PARAMETRI GEOTECNICI DI RIFERIMENTO	30
6.	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	33
6.1	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI BASE	33
6.2	FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO	34
6.3	CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	34
6.4	VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	35
7.	CRITERI DI CALCOLO DELLE OPERE	37
7.1	CENNI NORMATIVI	38
7.2	CRITERI DI ANALISI DELLA SICUREZZA	39
7.3	ORIGINE DEL CODICE DI CALCOLO E SUA VALIDAZIONE	41



7.4	CARICHI APPLICATI ALLE STRUTTURE	47
7.4.1	PESO PROPRIO	47
7.4.2	PERMANENTI PORTATI STRUTTURALI G ₁	47
7.4.3	PERMANENTI PORTATI NON STRUTTURALI G ₂	47
7.4.4	SPINTA DEL TERRENO	47
7.4.5	SPINTA DELL'ACQUA	48
7.4.6	AZIONI VARIABILI Q	48
7.5	AZIONE SISMICA E	50
7.5.1	SPINTA DEL TERRENO IN FASE SISMICA	54
7.6	AZIONI TERMICHE	54
7.7	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	55
7.8	INTERAZIONE TERRENO-STRUTTURA	63
8.	STRUTTURA INTERRATA	66
8.1	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA	66
8.2	MODELLAZIONE DELLE AZIONI	72
9.	VERIFICA DI RIGIDEZZA – SLO	81
10.	VERIFICA DI RESISTENZA – SLD	84
11.	VERIFICA SOLETTONE	84
11.1	VERIFICA STATI LIMITE ULTIMI – SLU E SLV	84
11.1.1	SOLLECITAZIONI	84
11.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	87
11.2	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	99
11.2.1	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	99
11.2.2	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	100
11.2.3	STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	103
12.	VERIFICA BANCHINA	107
12.1	VERIFICA STATI LIMITE ULTIMI – SLU E SLV	107
12.1.1	SOLLECITAZIONI	107
12.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	110
12.2	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	120
12.2.1	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	120
12.2.2	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	121
12.2.3	STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	124

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

13.	VERIFICA PLATEA	129
13.1	VERIFICA STATI LIMITE ULTIMI – SLU E SLV	129
13.1.1	SOLLECITAZIONI	129
13.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	132
13.2	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	141
13.2.1	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	141
13.2.2	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	142
13.2.3	STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	145
14.	VERIFICA FODERE	149
14.1	VERIFICA STATI LIMITE ULTIMI – SLU E SLV	149
14.1.1	SOLLECITAZIONI	149
14.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	154
14.2	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	165
14.2.1	STATO LIMITE DI DEFORMAZIONE	165
14.2.2	STATO LIMITE DI FESSURAZIONE	166
14.2.3	STATO LIMITE DI LIMITAZIONE DELLE TENSIONI IN ESERCIZIO	168
15.	VERIFICA DIAFRAMMI INTERNI	172
15.1	VERIFICA STATI LIMITE ULTIMI – SLU E SLV	172
15.1.1	SOLLECITAZIONI	172
15.1.2	VERIFICHE STRUTTURALI	175
16.	SCALA DI ACCESSO AL PIANO BANCHINA	182
16.1	SOLLECITAZIONI	182
16.2	VERIFICHE STRUTTURALI	184
16.3	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	187
17.	VASCA DI AGGOTTAMENTO	191
17.1	SOLLECITAZIONI	191
17.2	VERIFICHE STRUTTURALI	193
17.3	VERIFICA STATI LIMITE DI ESERCIZIO - SLE	196
18.	EFFETTI DOVUTI AL RITIRO	200
19.	ROBUSTEZZA STRUTTURALE	203
19.1	INCENDIO	204
19.2	SOVRARESISTENZA	209

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

20. GIUDIZIO MOTIVATO DI ACCETTABILITA' DEI RISULTATI 211

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1.	Key-plan linea 2 della Metropolitana di Torino	12
Figura 2.	Stazione "Corelli" – estratto Google Maps	12
Figura 3.	Dimensioni minime spessore muro e copriferro in caso di incendio (UNI EN 1992-1-2:2005)	20
Figura 4.	Planimetria piano banchina - Tipologica	24
Figura 5.	Sovrastruttura – Locali tecnici e zona viaggiatori - Tipologica	24
Figura 6.	Pianta copertura – Struttura in carpenteria metallica e c.a. - Tipologica	25
Figura 7.	Sezione longitudinale - Tipologica	25
Figura 8.	Sezione trasversale - Tipologica	26
Figura 9.	Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)	27
Figura 10.	Sezione geotecnica di riferimento	30
Figura 11.	Rispetto dei requisiti nei confronti degli SL	38
Figura 12.	Individuazione del sito	51
Figura 13.	Individuazione dei parametri di progettazione	51
Figura 14.	Spettro SLV	52
Figura 15.	Spettro SLD	52
Figura 16.	Spettro SLO	53
Figura 17.	Azioni termiche su edifici	54
Figura 18.	Complessivo stazione – Modello FEM Vista 1	67
Figura 19.	Complessivo stazione – Modello FEM Vista 2	67
Figura 20.	Struttura interrata – Piano solettone	68
Figura 21.	Struttura interrata – Piano banchina	68
Figura 22.	Struttura interrata – Platea di fondazione e cunicoli	69
Figura 23.	Vincoli con il mondo esterno – Sezione trasversale tipologica	69
Figura 24.	Collegamento diaframmi esterni-solettone – Molle compression-only X/Y e Z	70
Figura 25.	Dettaglio – Molle compression-only X/Y e Z	71
Figura 26.	Solettone – Carichi permanenti NON strutturali G ₂	72
Figura 27.	Solettone – Carico variabile Q cat.E – Zona Locali Tecnici	73
Figura 28.	Solettone - Carico variabile Q cat.C5 – Zona Viaggiatori	73
Figura 29.	Solettone – Azione termica	74
Figura 30.	Solettone – Muratura perimetrale	74
Figura 31.	Solettone – Carichi trasmessi dalla Sovrastruttura	75
Figura 32.	Banchina – Carichi permanenti NON strutturali G ₂	76
Figura 33.	Banchina – Carico variabile Q cat.E – Zona Locali Tecnici	76
Figura 34.	Banchina - Carico variabile Q cat.C5 – Zona Viaggiatori	77
Figura 35.	Platea - Carico Ballast	78

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Figura 36. Platea - Carico convogli	78
Figura 37. Fodera – Spinta laterale del terreno (20% del totale) – Tipologico	79
Figura 38. Fodera – Spinta laterale sovraccarico stradale (20% del totale) – Tipologico	79
Figura 39. Fodera – Sovraspinta sismica del terreno (20% del totale) – Tipologico	80
Figura 40. Solettone – Massimo spostamento XY SLO	81
Figura 41. Solettone – Minimo spostamento XY SLO	82
Figura 42. Banchina – Massimo spostamento XY SLO	83
Figura 43. Banchina – Minimo spostamento XY SLO	83
Figura 44. Solettone – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	85
Figura 45. Solettone – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	85
Figura 46. Solettone – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	86
Figura 47. Solettone – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	86
Figura 48. Solettone – Armatura superiore direzione D1	88
Figura 49. Solettone – Armatura inferiore direzione D1	88
Figura 50. Solettone – Armatura superiore direzione D2	89
Figura 51. Solettone – Armatura inferiore direzione D2	89
Figura 52. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1	91
Figura 53. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1	91
Figura 54. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1	92
Figura 55. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1	92
Figura 56. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2	93
Figura 57. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1	93
Figura 58. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2	94
Figura 59. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1	94
Figura 60. Resistenza a taglio Direzione X	96
Figura 61. Resistenza a taglio Direzione Y	96
Figura 62. Diaframma interno con individuazione del perimetro critico - Pianta	97
Figura 63. Massima deformazione – Sezione fessurata	99
Figura 64. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1	101
Figura 65. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	101
Figura 66. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2	102
Figura 67. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	102
Figura 68. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1	104
Figura 69. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2	104
Figura 70. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1	105
Figura 71. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	105
Figura 72. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2	106
Figura 73. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	106
Figura 74. Banchina – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	108
Figura 75. Banchina – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	108
Figura 76. Banchina – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	109
Figura 77. Banchina – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	109


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Figura 78. Banchina – Armatura superiore direzione D1	111
Figura 79. Banchina – Armatura inferiore direzione D1	111
Figura 80. Banchina – Armatura superiore direzione D2	112
Figura 81. Banchina – Armatura inferiore direzione D2	112
Figura 82. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1	114
Figura 83. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1	114
Figura 84. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1	115
Figura 85. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1	115
Figura 86. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2	116
Figura 87. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1	116
Figura 88. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2	117
Figura 89. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1	117
Figura 90. Resistenza a taglio Direzione X	119
Figura 91. Resistenza a taglio Direzione Y	119
Figura 92. Massima deformazione – Sezione fessurata	120
Figura 93. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1	122
Figura 94. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	122
Figura 95. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2	123
Figura 96. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	123
Figura 97. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1	125
Figura 98. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	125
Figura 99. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2	126
Figura 100. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1	127
Figura 101. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	127
Figura 102. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2	128
Figura 103. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	128
Figura 104. Banchina – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	130
Figura 105. Banchina – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	130
Figura 106. Banchina – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	131
Figura 107. Banchina – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	131
Figura 108. Banchina – Armatura superiore direzione D1	133
Figura 109. Banchina – Armatura inferiore direzione D1	133
Figura 110. Banchina – Armatura superiore direzione D2	134
Figura 111. Banchina – Armatura inferiore direzione D2	134
Figura 112. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1	135
Figura 113. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1	136
Figura 114. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1	136
Figura 115. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2	137
Figura 116. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2	138
Figura 117. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1	138
Figura 118. Resistenza a taglio Direzione X	140
Figura 119. Resistenza a taglio Direzione Y	140


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Figura 120. Massima deformazione – Sezione fessurata	141
Figura 121. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1	143
Figura 122. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	143
Figura 123. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2	144
Figura 124. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	144
Figura 125. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1	146
Figura 126. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2	146
Figura 127. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1	147
Figura 128. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	147
Figura 129. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2	148
Figura 130. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	148
Figura 131. Fodere longitudinali – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	150
Figura 132. Fodere longitudinali – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	150
Figura 133. Fodere longitudinali – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	151
Figura 134. Fodere longitudinali – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	151
Figura 135. Fodere trasversali – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	152
Figura 136. Fodere trasversali – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	152
Figura 137. Fodere trasversali – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	153
Figura 138. Fodere longitudinali – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	153
Figura 139. Fodere – Armatura superiore direzione D1	155
Figura 140. Fodere – Armatura inferiore direzione D1	155
Figura 141. Fodere – Armatura superiore direzione D2	156
Figura 142. Fodere – Armatura inferiore direzione D2	156
Figura 143. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1	158
Figura 144. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1	158
Figura 145. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1	159
Figura 146. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1	159
Figura 147. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2	160
Figura 148. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1	160
Figura 149. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2	161
Figura 150. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1	161
Figura 151. Fodere longitudinali – Resistenza a taglio Direzione X	163
Figura 152. Fodere longitudinali – Resistenza a taglio Direzione Y	163
Figura 153. Fodere trasversali – Resistenza a taglio Direzione X	164
Figura 154. Fodere trasversali – Resistenza a taglio Direzione Y	164
Figura 155. Massima deformazione – Sezione fessurata	165
Figura 156. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1	167
Figura 157. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2	167
Figura 158. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1	169
Figura 159. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2	169
Figura 160. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1	170
Figura 161. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1	170

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Figura 162. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2	171
Figura 163. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1	171
Figura 164. Diaframmi interni – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X	173
Figura 165. Diaframmi interni – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y	173
Figura 166. Diaframmi interni – Inviluppo taglio V_{xx} – Direzione X	174
Figura 167. Diaframmi interni – Inviluppo taglio V_{yy} – Direzione Y	174
Figura 168. Diaframmi interni – Armatura verticale	176
Figura 169. Diaframmi interni – Armatura orizzontale	176
Figura 170. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura verticale	178
Figura 171. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura verticale – Zone > 1	178
Figura 172. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura orizzontale	179
Figura 173. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura orizzontale – Zone > 1	179
Figura 174. Diaframmi interni – Numerazione	180
Figura 175. Diaframmi esterni – Numerazione	181
Figura 176. Schema statico scala di accesso piano banchina	182
Figura 177. Momento flettente di calcolo M_{Ed} - SLU	183
Figura 178. Azione di taglio V_{Ed} - SLU	183
Figura 179. Sforzo normale di calcolo N_{Ed} - SLU	184
Figura 180. Massimo tasso di lavoro elementi strutturali - SLU	185
Figura 181. Tabella riassuntiva verifiche	185
Figura 182. Schema statico muro verticale	192
Figura 183. Momento flettente di calcolo M_{Ed} - SLU	192
Figura 184. Azione di taglio di calcolo V_{Ed} - SLU	193
Figura 185. Massimo tasso di lavoro – SLU	194
Figura 186. Tabella riassuntiva verifiche	194
Figura 187. Schema statico ed azione termica applicata	202
Figura 188. Sforzo assiale dovuto al ritiro	203
Figura 189. Verifica a flessione – Dominio di resistenza	210

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1. Classi di esposizione e copriferro impiegati	21
Tabella 2. Parametri di resistenza e deformabilità per le unità geotecniche di riferimento	29
Tabella 3. Modello geotecnico	30
Tabella 4. Parametri geotecnici medi	31
Tabella 5. Parametri geotecnici caratteristici	31
Tabella 6. Sintesi dei parametri di pericolosità sismica di base	36
Tabella 7. Sintesi delle azioni sismiche di progetto	37
Tabella 8. Coefficienti parziali per le azioni	39
Tabella 9. Tipi di analisi	42
Tabella 10. Tipologia di elementi finiti disponibili	43

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Tabella 11. Tipologia di materiali e sezioni disponibili	44
Tabella 12. Tipologia di vincoli disponibili	45
Tabella 13. Tipologia di condizioni di carico disponibili	46
Tabella 14. Rigidezze Diaframmi/Fodere	48
Tabella 15. Pressione del vento – Pareti sopravvento e sottovento	50
Tabella 16. Azione tangenziale del vento - Copertura	50
Tabella 17. Casi di carico CDC	55
Tabella 18. Coefficienti combinazioni di carico CMB	58
Tabella 19. Tipologia combinazioni	62
Tabella 20. Rigidezze diaframmi perimetrali	64
Tabella 21. Rigidezze diaframmi interni	65
Tabella 22. Rigidezza platea di fondazione	65
Tabella 23. Caratteristiche modello FEM	66
Tabella 24. Caratteristiche sezioni modello FEM	71
Tabella 25. Armatura minima	87
Tabella 26. Verifica taglio - Solettone	95
Tabella 27. Verifica punzonamento diaframma interno	98
Tabella 28. Armatura minima	110
Tabella 29. Verifica a taglio - Banchina	118
Tabella 30. Armatura minima	132
Tabella 31. Verifica a taglio – Platea di fondazione	139
Tabella 32. Armatura minima	154
Tabella 33. Verifica a taglio - Fodere	162
Tabella 34. Armatura minima	175
Tabella 35. Diaframmi interni – Massimo sforzo normale (Fx)	180
Tabella 36. Diaframmi perimetrali – Massimo sforzo normale (Fx)	181
Tabella 37. Armatura minima	185
Tabella 38. Armatura minima	193
Tabella 39. Calcolo rigidezza flessionale	202
Tabella 40. Resistenza al fuoco – Solette piene/solai	205
Tabella 41. Resistenza al fuoco – Travi	206
Tabella 42. Resistenza al fuoco – Pilastrini	207
Tabella 43. Resistenza al fuoco – Pareti/Setti	208
Tabella 44. Copriferrati a freddo	208
Tabella 45. Confronto reazioni vincolari	211

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

1. PREMESSA

La presente relazione tecnica ha per oggetto la Progettazione Definitiva delle strutture della stazione Corelli alla PK 13+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

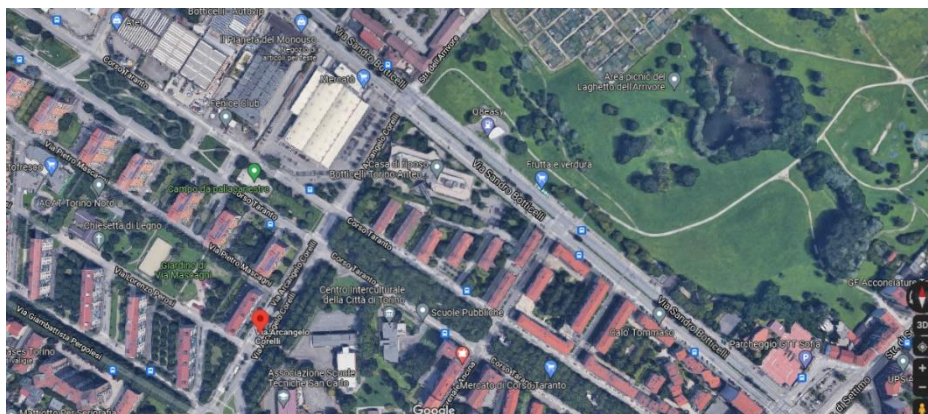


Figura 2. Stazione "Corelli" – estratto Google Maps

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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
Pilastrì	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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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".

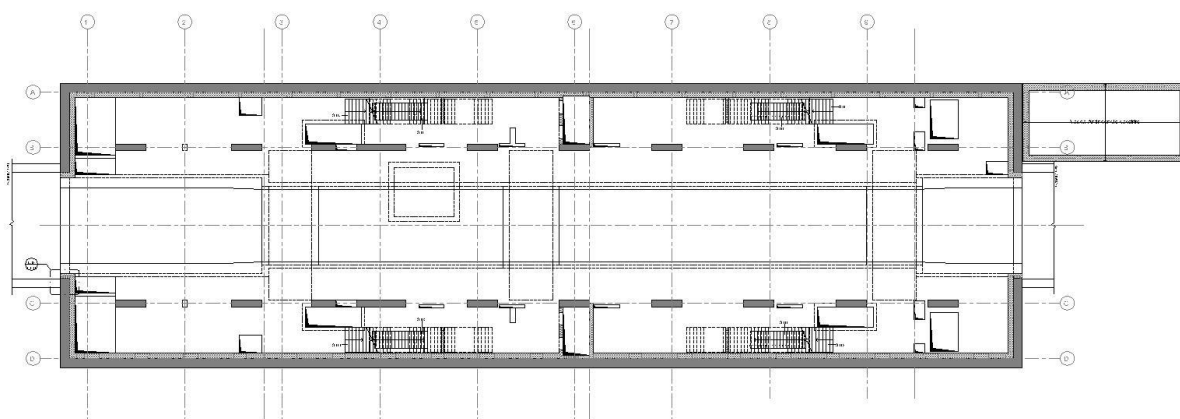


Figura 4. Planimetria piano banchina - Tipologica

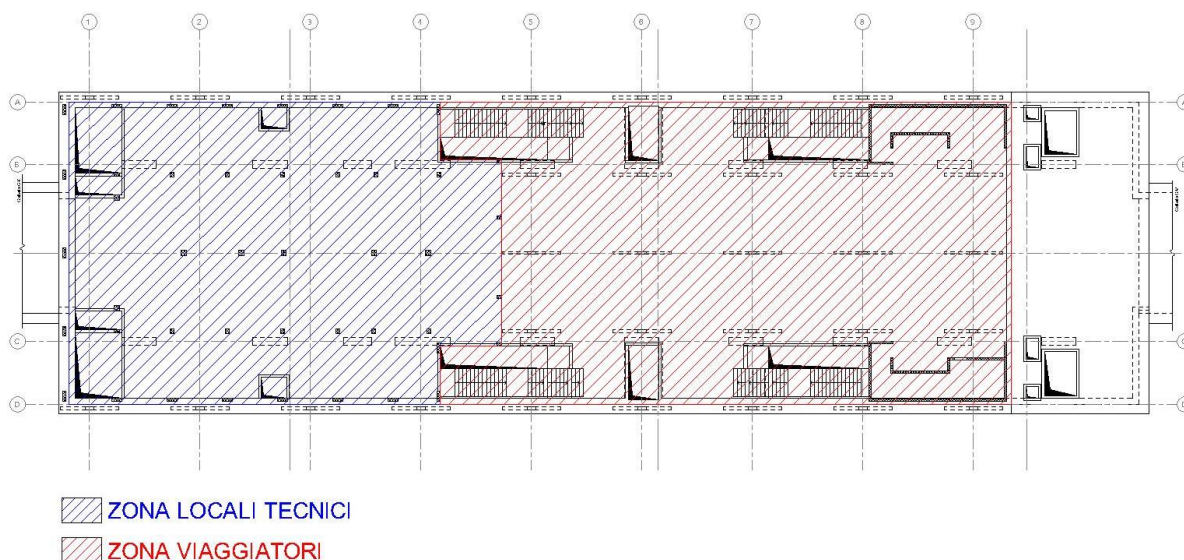


Figura 5. Sovrastuttura – Locali tecnici e zona viaggiatori - Tipologica

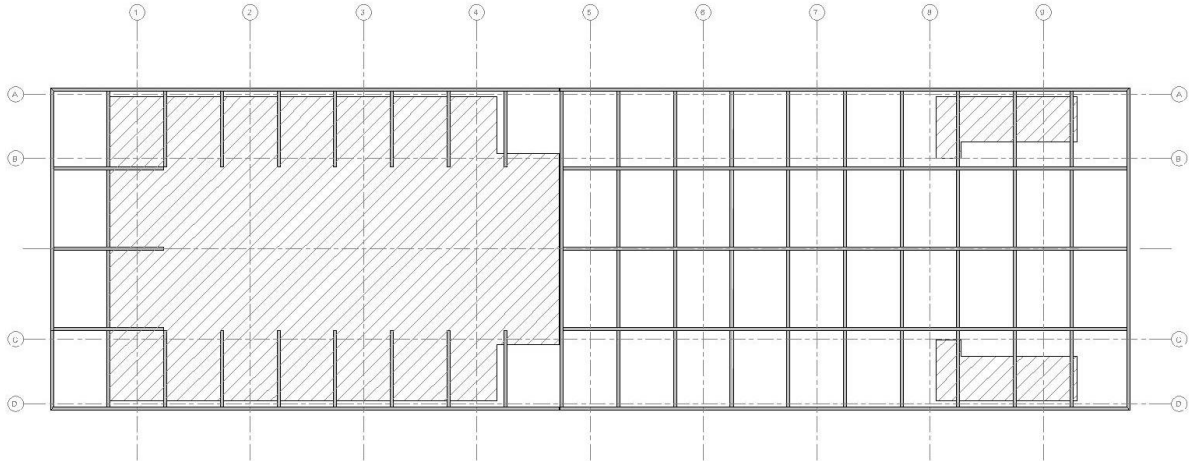


Figura 6. Pianta copertura – Struttura in carpenteria metallica e c.a. - Tipologica

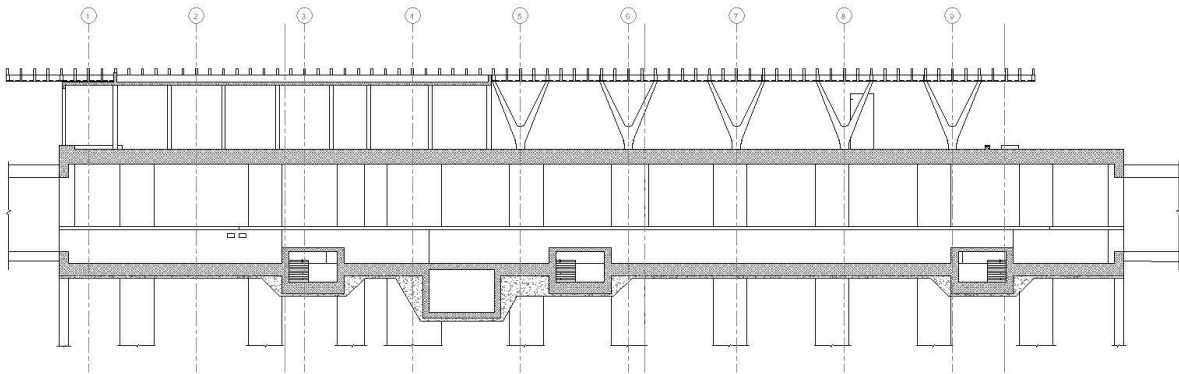


Figura 7. Sezione longitudinale - Tipologica

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

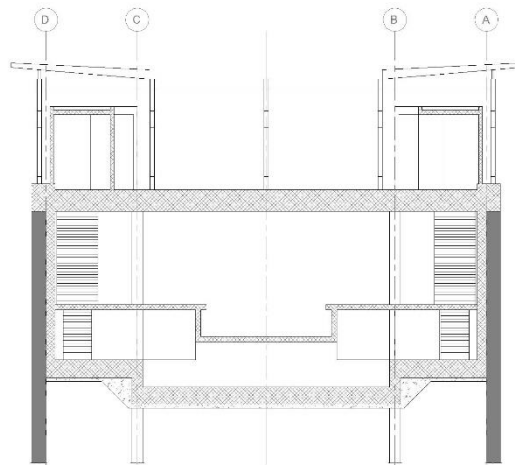


Figura 8. Sezione trasversale - Tipologica

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 Ultrabásico 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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

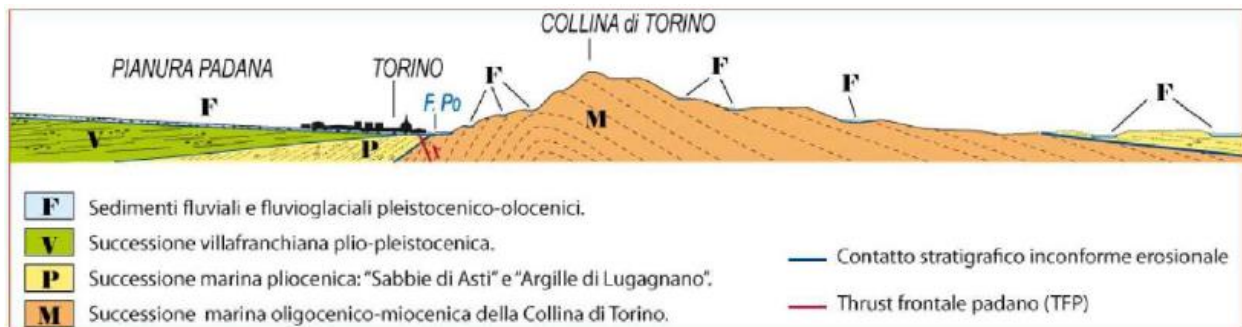


Figura 9. Quadro strutturale tratto dal progetto CARG (Fonte: Forno M.G., 2012)

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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli

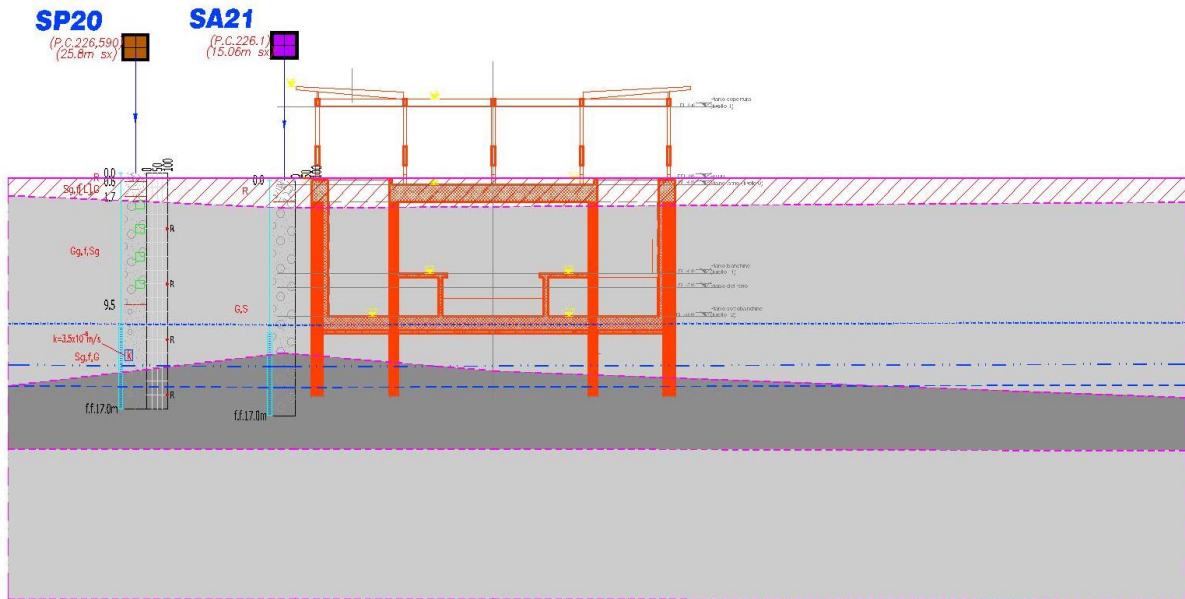


Figura 10. Sezione geotecnica di riferimento

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	-2.2
U2 - Ghiaie e sabbie da sciolte a debolmente cementate	-2.2	

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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	15.0
Falda per analisi breve termine	13.5

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Falda per analisi lungo termine	10.5
---------------------------------	------

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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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: 45.093263°**
- **Longitudine: 7.707530°**

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 **B** (*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Tabella 7. Sintesi delle azioni sismiche di progetto

Stato Limite	Coefficienti sismici	Depositati di paleofrana
SLO	Ss	1.200
	Cc	1.494
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.042
SLD	Ss	1.200
	Cc	1.473
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.048
SLV	Ss	1.200
	Cc	1.410
	St	1.000
	a_{max} (g)	0.084

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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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
- Scala di accesso: 2.00 kN/m²

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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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
- Scala di accesso [cat. C5]: 5.00 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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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 Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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

pressione del vento p [daN/m ²]	
Direzione	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.



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

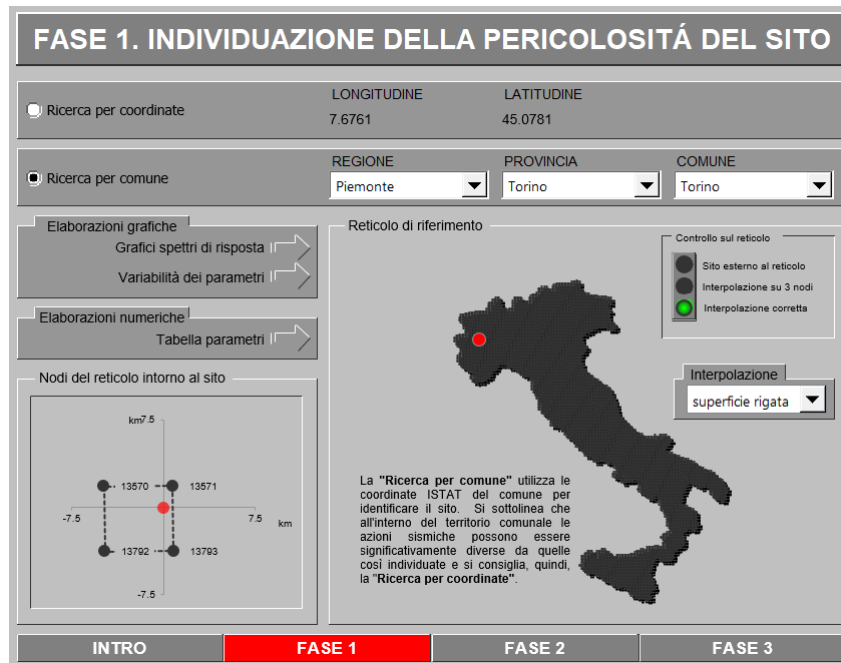


Figura 12. Individuazione del sito

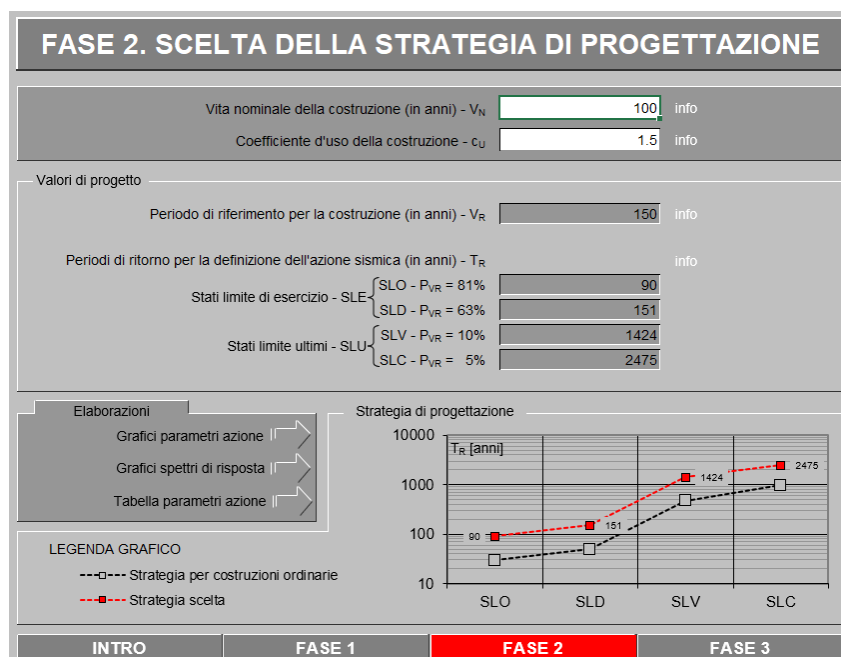


Figura 13. Individuazione dei parametri di progettazione



SLV

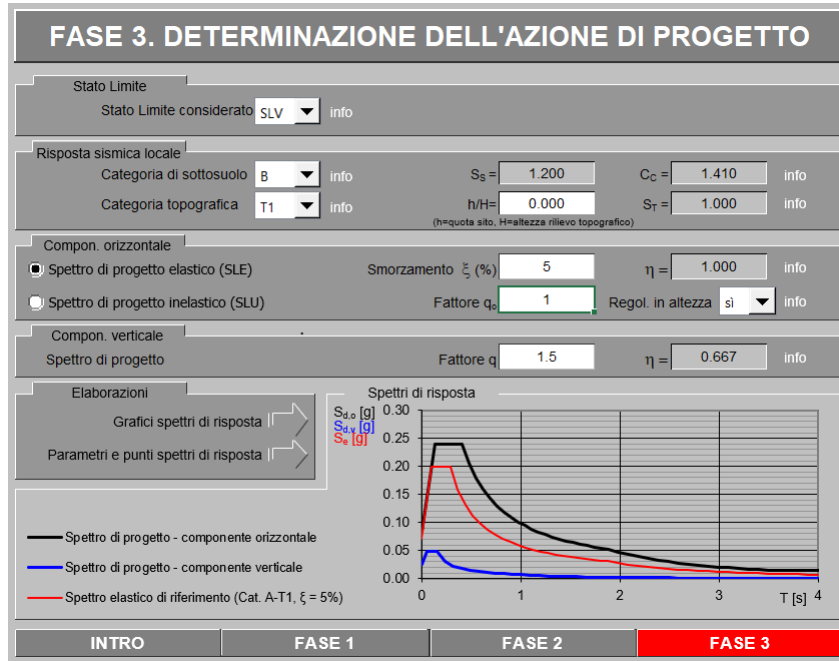


Figura 14. Spettro SLV

SLD

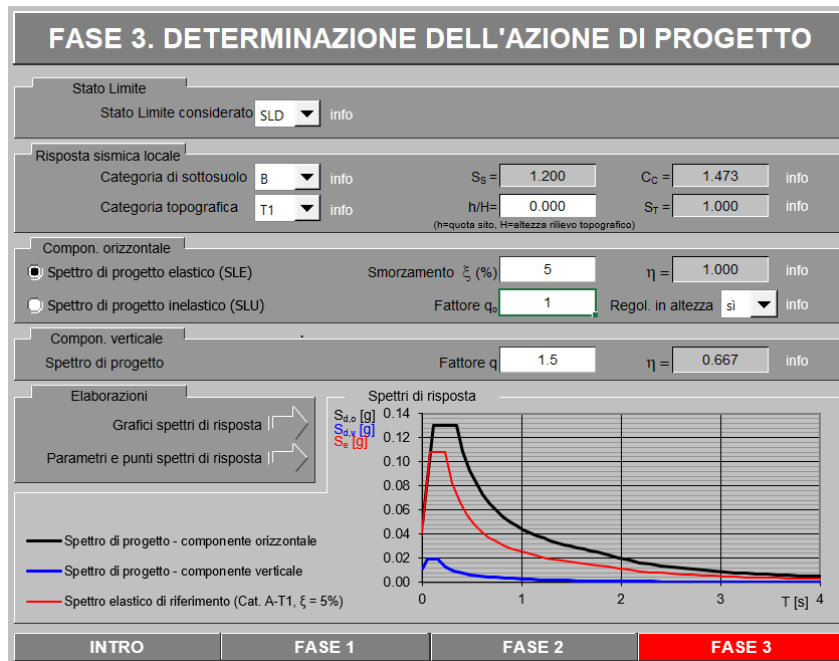


Figura 15. Spettro SLD



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

SLO

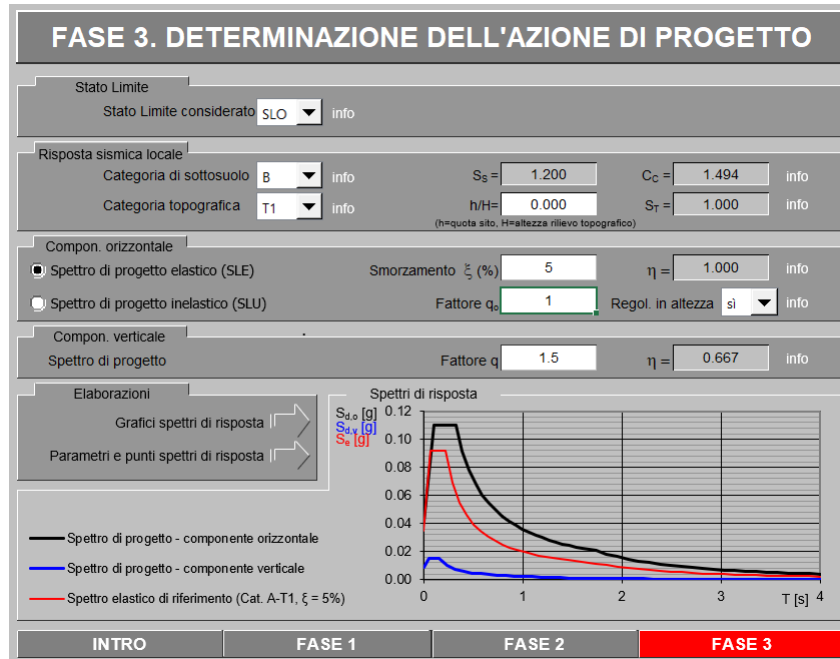


Figura 16. Spettro SLO

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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	± 15 °C
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	± 10 °C
Strutture in acciaio esposte	± 25 °C
Strutture in acciaio protette	± 15 °C

Figura 17. Azioni termiche su edifici



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	QE	Live Load (L)	Variabile Cat. E
8	QC5	Live Load (L)	Variabile cat. C5
9	G2_M	Dead Load (D)	Murature perimetrali
10	G2_B	Dead Load (D)	Ballast
11	Q_TRN	Live Load (L)	Treno
12	SLV_X_E+	Earthquake (E)	Sisma X ECC+
13	SLV_X_E-	Earthquake (E)	Sisma X ECC-
14	SLV_Y_E+	Earthquake (E)	Sisma Y ECC+
15	SLV_Y_E-	Earthquake (E)	Sisma Y ECC-
16	DT	Temperature (T)	Azione termica
17	TR_X+	Dead Load (D)	Spinta terreno X+
18	TR_X-	Dead Load (D)	Spinta terreno X-
19	TR_Y+	Dead Load (D)	Spinta terreno Y+
20	TR_Y-	Dead Load (D)	Spinta terreno Y-
21	CS_X+	Live Load (L)	Spinta carico stradale X+
22	CS_X-	Live Load (L)	Spinta carico stradale X-
23	CS_Y+	Live Load (L)	Spinta carico stradale Y+
24	CS_Y-	Live Load (L)	Spinta carico stradale Y-
25	TR_EQ_X+	Earthquake (E)	Incremento spinta terreno X+
26	TR_EQ_X-	Earthquake (E)	Incremento spinta terreno X-
27	TR_EQ_Y+	Earthquake (E)	Incremento spinta terreno Y+
28	TR_EQ_Y-	Earthquake (E)	Incremento spinta terreno Y-
29	SLO_X_E+	Earthquake (E)	Sisma X ECC+
30	SLO_X_E-	Earthquake (E)	Sisma X ECC-
31	SLO_Y_E+	Earthquake (E)	Sisma Y ECC+
32	SLO_Y_E-	Earthquake (E)	Sisma Y ECC-

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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

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

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

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



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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...)			
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



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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

NAME	ACTIVE	TYPE	SW	G1	G2	QS	WX	WY+	QE	QC5	G2_M	G2_B	Q_TRN	SLV_X_E+	SLV_X_E-	SLVY_E+	SLV_YE-	DT	TR_X+	TR_X-	TR_Y+	TR_Y-	CS_X+	CS_X-	CS_Y+	CS_Y-	TR_EQ_X+	TR_EQ_X-	TR_EQ_Y+	TR_EQ_Y-	SLO_X_E+	SLO_X_E-	SLO_Y_E+	SLO_Y_E-	
gLCB270	Active	Add	1	1	1		0.2		0.8	0.6	1	1							1	1	1	1													
gLCB271	Active	Add	1	1	1			0.2	0.8	0.6	1	1							1	1	1	1													
gLCB272	Active	Add	1	1	1		-0.2		0.8	0.6	1	1							1	1	1	1													
gLCB273	Active	Add	1	1	1			-0.2	0.8	0.6	1	1							1	1	1	1													
gLCB274	Active	Add	1	1	1				0.8	0.6	1	1						-0.5	1	1	1	1													
gLCB275	Active	Add	1	1	1				0.8	0.6	1	1							1	1	1	1													

Tabella 19. Tipologia combinazioni

ID	Name	Tipo	Sigla Id
1-98	gLCB1-gLCB98	SLU	Combinazione SLU
99-130	gLCB99-gLCB130	SLV	Combinazione SLU sismica
131-162	gLCB131-gLCB162	SLO	Combinazione SLE sismica
163-275	gLCB163-gLCB275	SLE	Combinazioni SLE (R, FQ, QP)

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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:

DIAFRAMMI PERIMETRALI

- Rigidezza laterale: 2.02 kg/cm³;
- Rigidezza alla base: 6.96 kg/cm³.

DIAFRAMMI INTERNI

- Rigidezza laterale: 1.64 kg/cm³;
- Rigidezza alla base: 6.21 kg/cm³.

PLATEA DI FONDAZIONE

- Rigidezza alla base: 4.87 kg/cm³.

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:

$r_o = D/2$ 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)	ν (-)	G (MPa)	G_m (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	diametro 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	diametro fondazione
s (m)	2.8	larghezza diaframma
ρ (-)	0.64	fattore di non omogeneità del terreno laterale
m	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
v	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)
----	-------	--

k_s	48735.5 kN/m3	4.87 kg/cm3	(Bowles pg 440)
-------	---------------	-------------	-----------------



8. STRUTTURA INTERRATA

8.1 Modellazione della struttura

Di seguito si riportano le caratteristiche geometriche del modello FEM realizzato (per la sola parte interrata)

Tabella 23. Caratteristiche modello FEM

Modellazione della geometria e proprietà meccaniche:	
nodi	40704
elementi D2	624
elementi D3 (per pareti, platee, gusci...)	40986
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	NO
Solai senza la proprietà piano rigido	NO
Tipo di vincoli:	
Nodi vincolati rigidamente	SI
Nodi vincolati elasticamente	SI



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

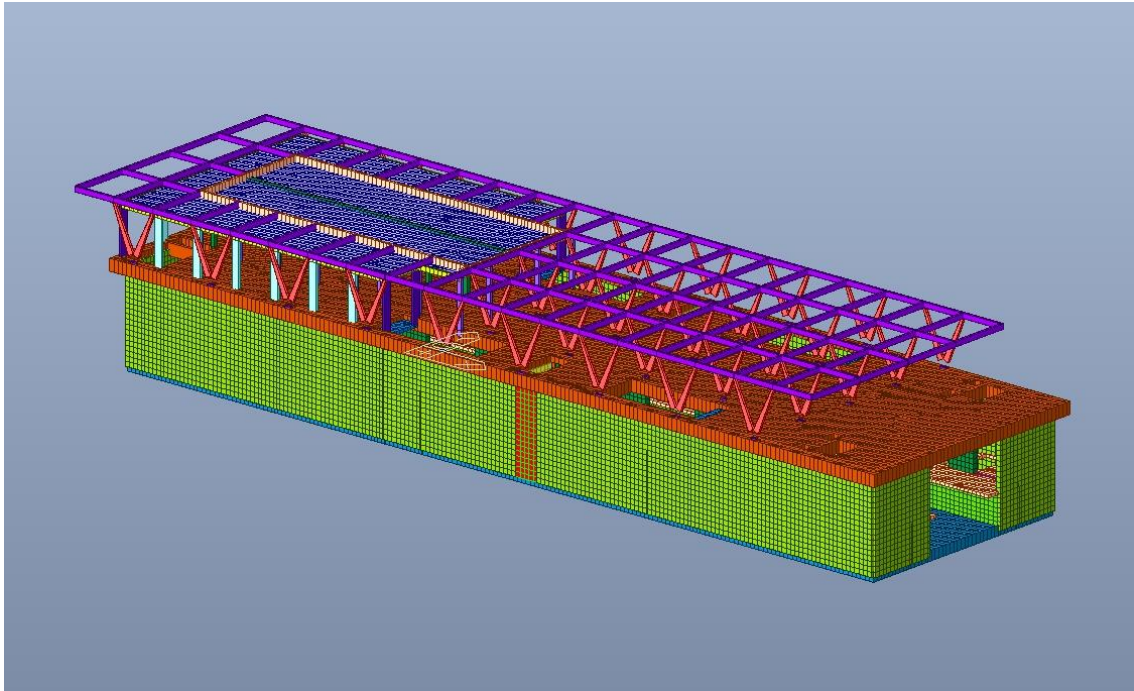


Figura 18. Complessivo stazione – Modello FEM Vista 1

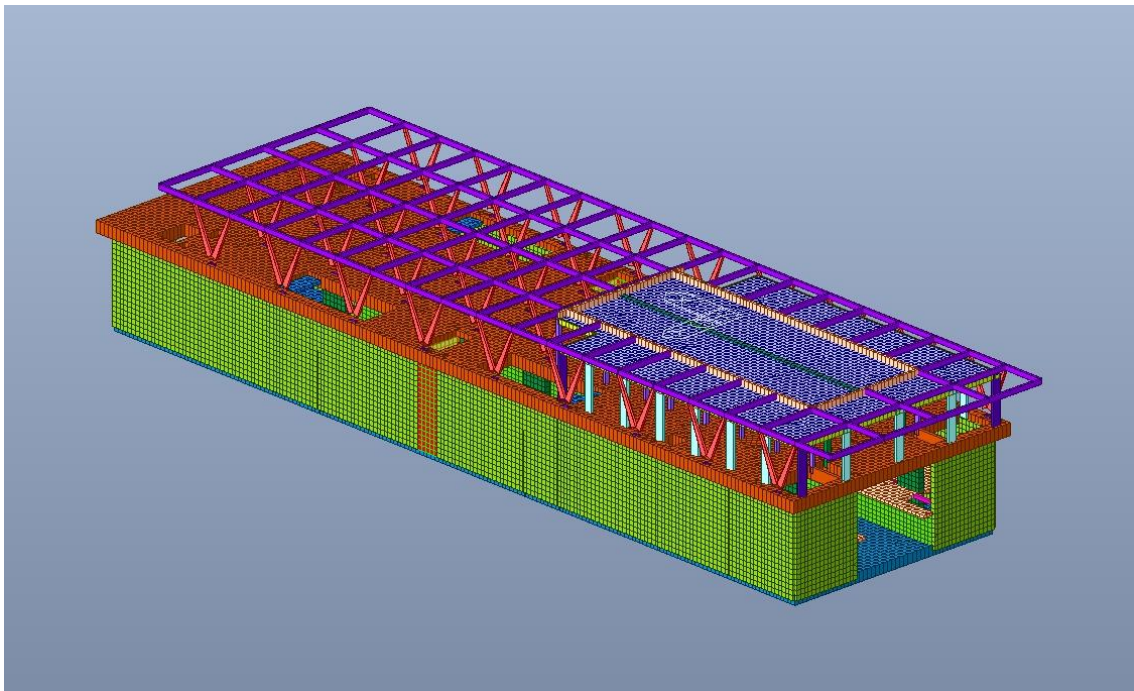


Figura 19. Complessivo stazione – Modello FEM Vista 2

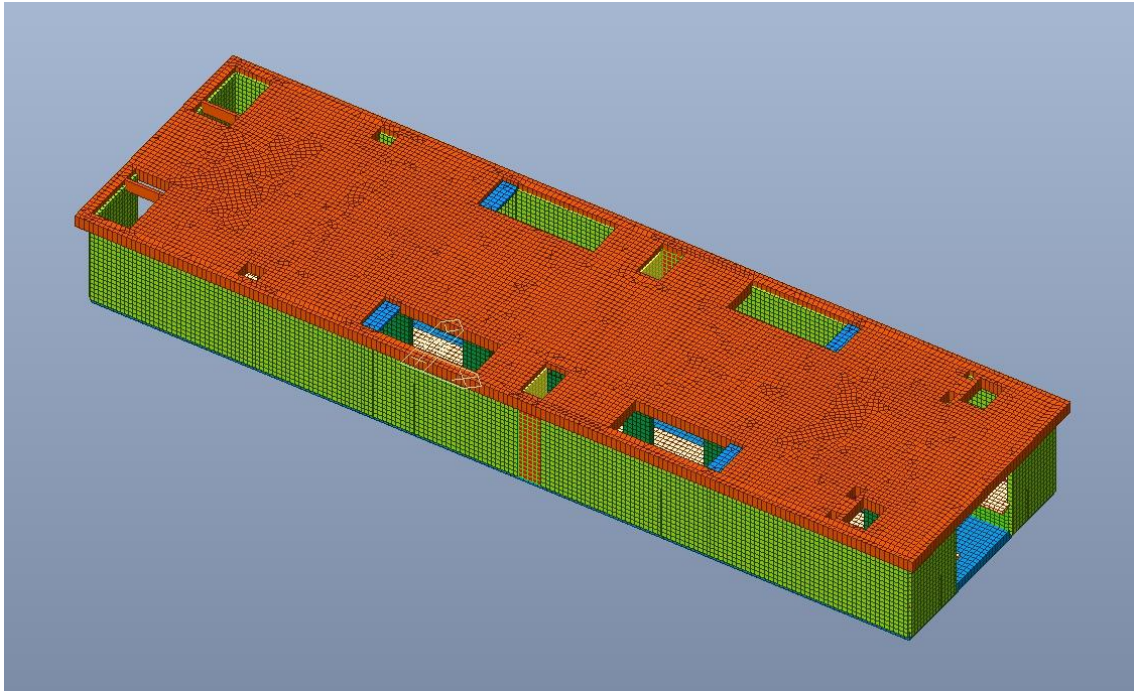


Figura 20. Struttura interrata – Piano solettone

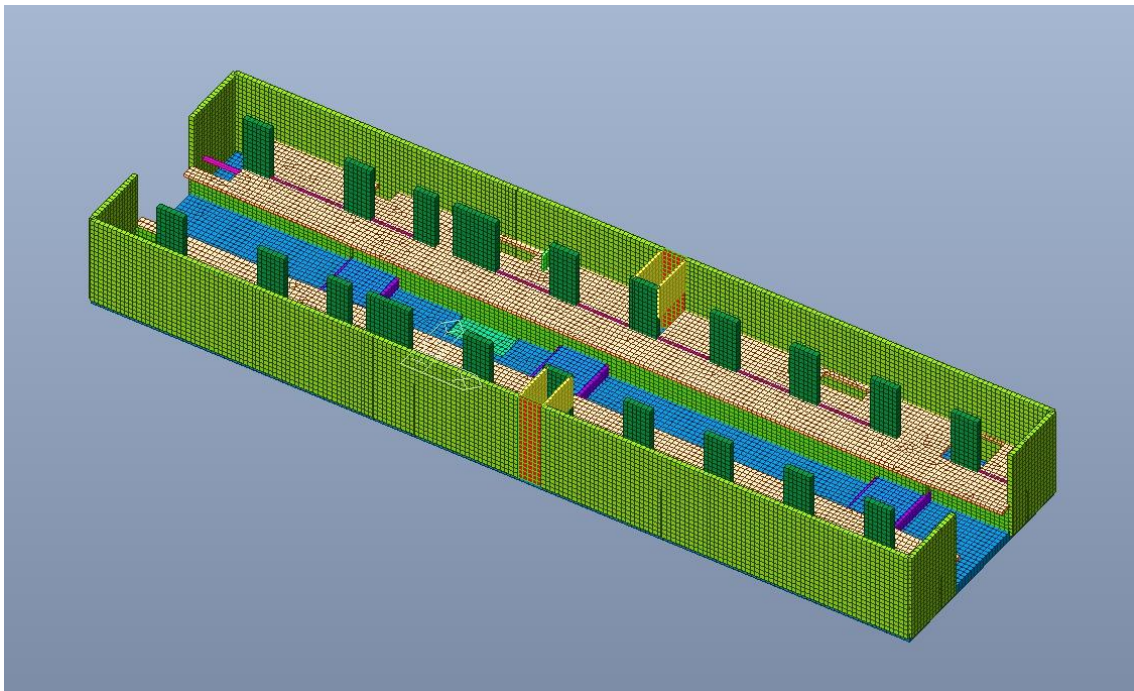


Figura 21. Struttura interrata – Piano banchina

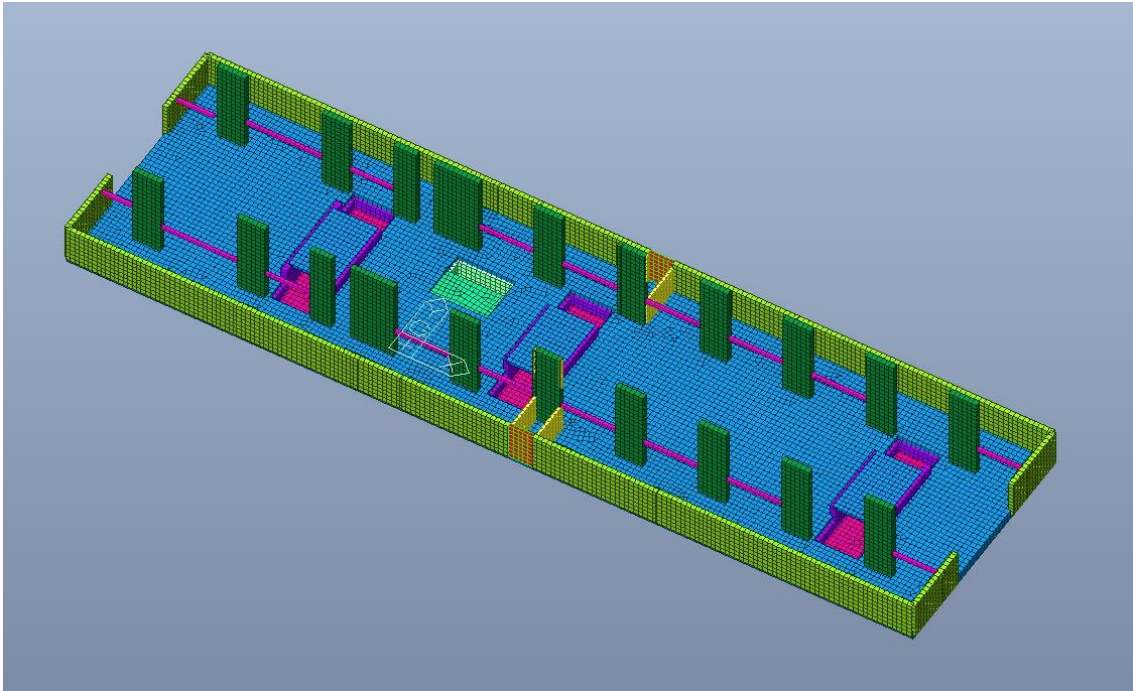


Figura 22. Struttura interrata – Platea di fondazione e cunicoli

Vincoli:

- interni: struttura incastrata;
- col mondo esterno: molle reagenti a sola compressione (Winkler).

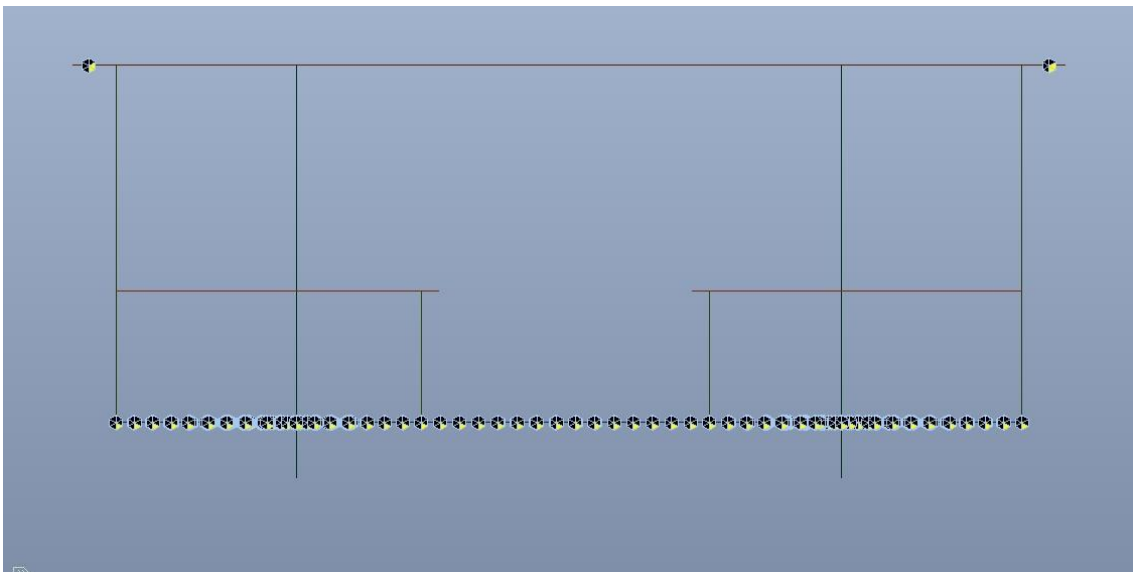


Figura 23. Vincoli con il mondo esterno – Sezione trasversale tipologica

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

I diaframmi esterni NON sono stati modellati in quanto non oggetto della presente relazione; mentre i diaframmi centrali sono stati modellati solamente per la porzione interna alla stazione, trascurando quella inferiore infissa nel terreno.

Il collegamento tra solettone e diaframmi esterni è stato modellato tramite l’inserimento di molle orizzontali compression-only ortogonali alla diaframma stesso in modo da simulare la rigidezza laterale (il coefficiente di sottofondo è stato moltiplicato per metà altezza parete) e lungo Z in modo da simulare la rigidezza di base; a favore di sicurezza per i diaframmi centrali è stata considerata la sola rigidezza alla base, trascurando il contributo offerto dall’attrito laterale della parte infissa.

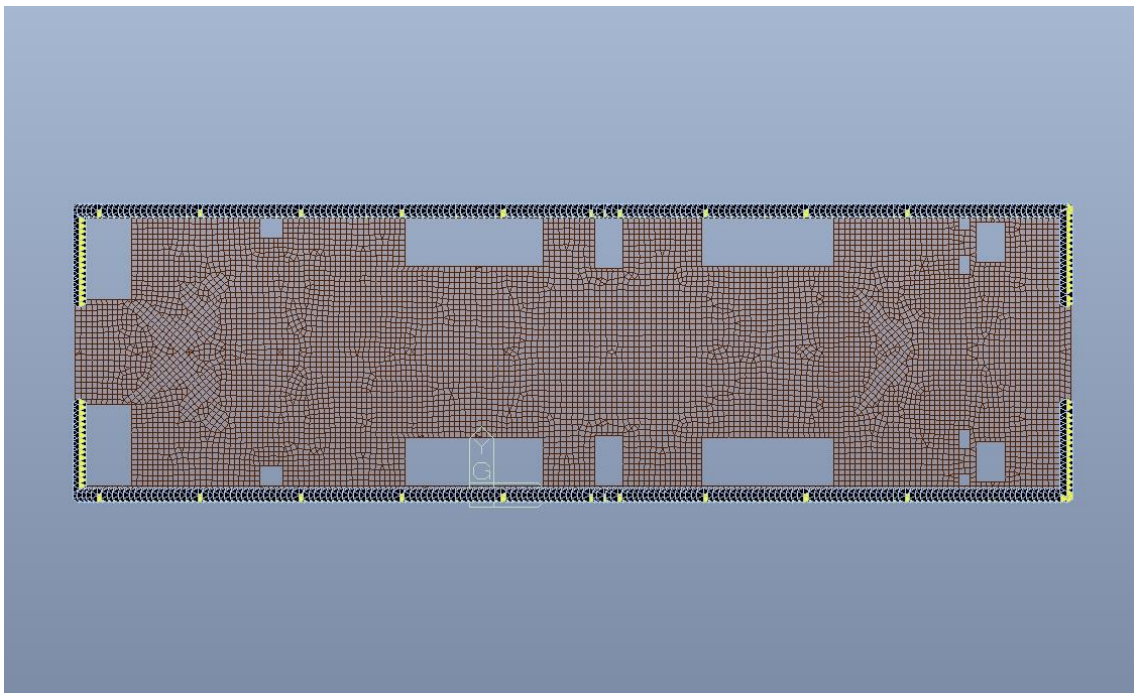


Figura 24. Collegamento diaframmi esterni-solettone – Molle compression-only X/Y e Z

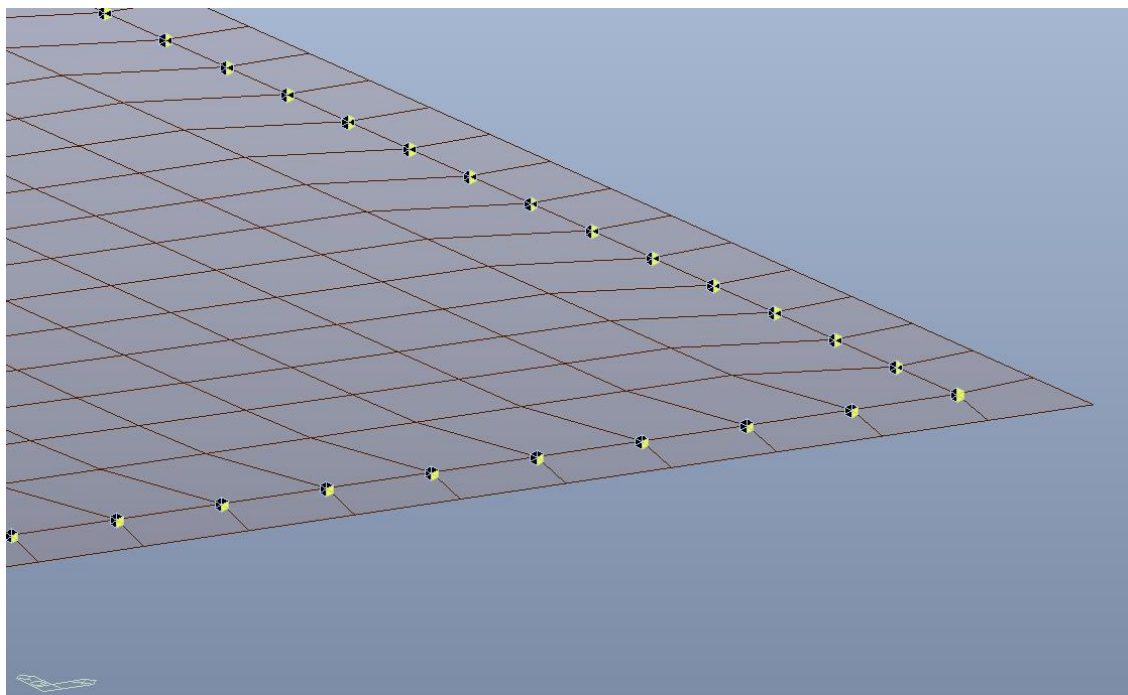


Figura 25. Dettaglio – Molle compression-only X/Y e Z

Nella tabella seguente sono indicati gli spessori dei rispettivi elementi strutturali.

Tabella 24. Caratteristiche sezioni modello FEM

NAME	TYPE	IN-OUT	THICK-IN [cm]
Soletta	Value	Yes	25
Smusso	Value	Yes	30
Solettone	Value	Yes	120
Diaframmi_INT	Value	Yes	60
Fodera	Value	Yes	50
Ascensore	Value	Yes	30
Banchina	Value	Yes	30
Muretti_Banchina	Value	Yes	30
Soletta_VC	Value	Yes	30
Setti_scala	Value	Yes	25
Setti_VC	Value	Yes	60
Platea	Value	Yes	100
Setti_Fossa	Value	Yes	50
Fondo_Fossa	Value	Yes	50
Soletta_Fossa	Value	Yes	50
Fondo_VC	Value	Yes	100
Fodera_ASC	Value	Yes	35

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

8.2 Modellazione delle azioni

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

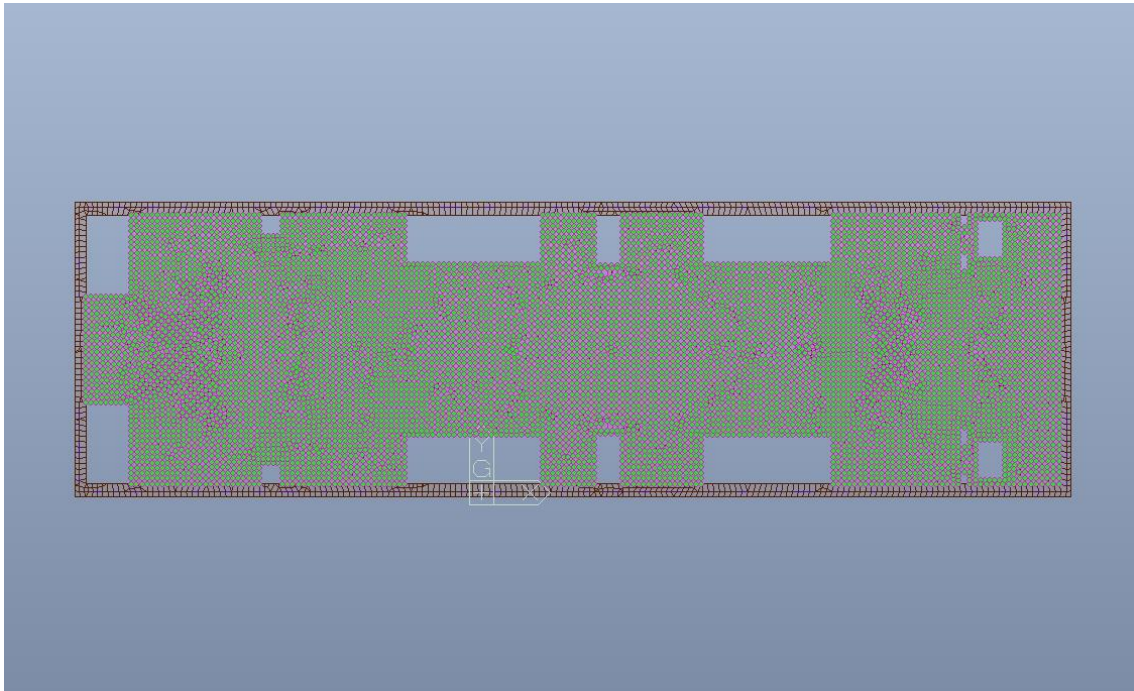


Figura 26. Solettone – Carichi permanenti NON strutturali G_2

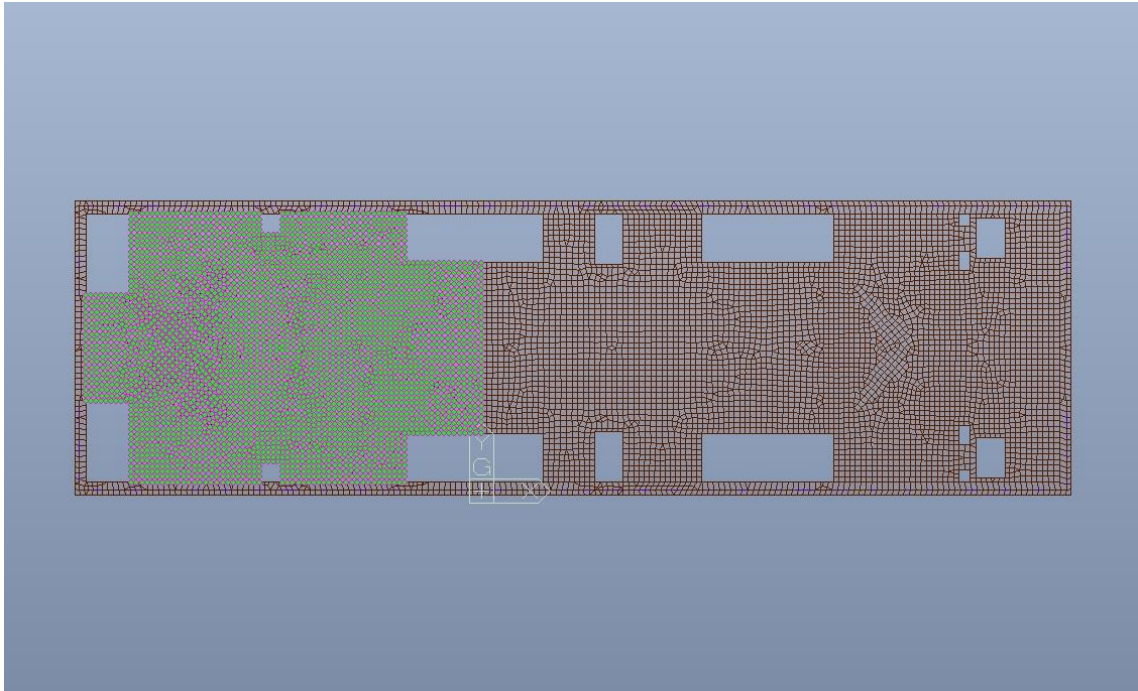


Figura 27. Solettone – Carico variabile Q cat.E – Zona Locali Tecnici

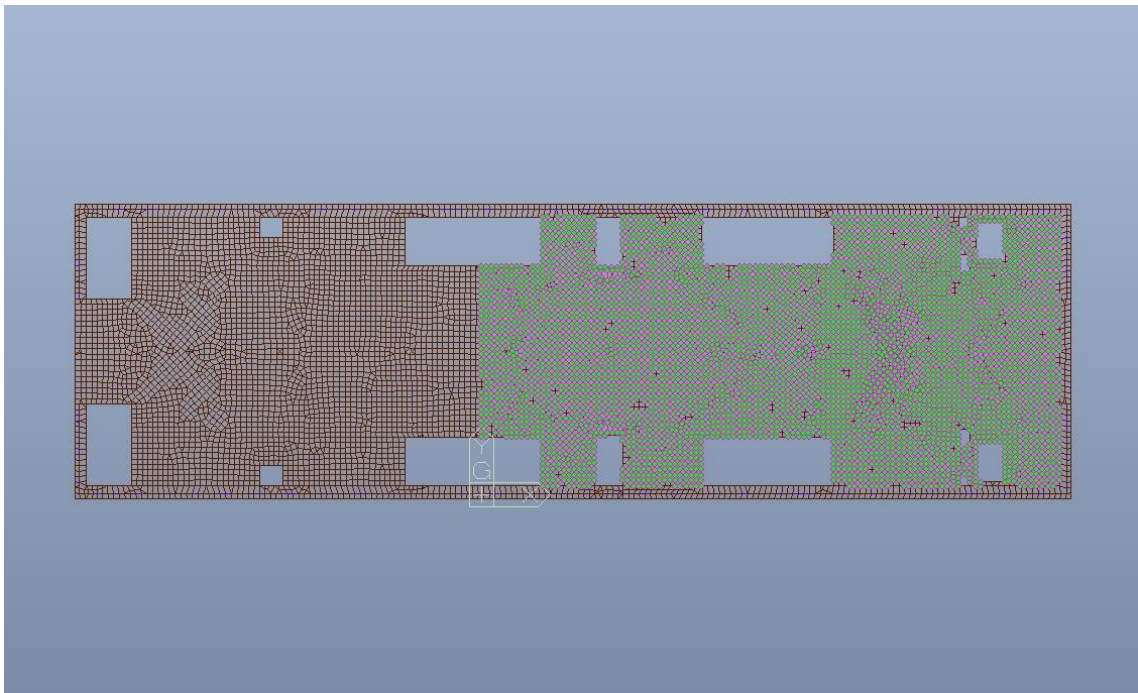


Figura 28. Solettone - Carico variabile Q cat.C5 – Zona Viaggiatori

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

L'azione termica è applicata al solo solettone di chiusura in quanto il resto della struttura è completamente interrata.

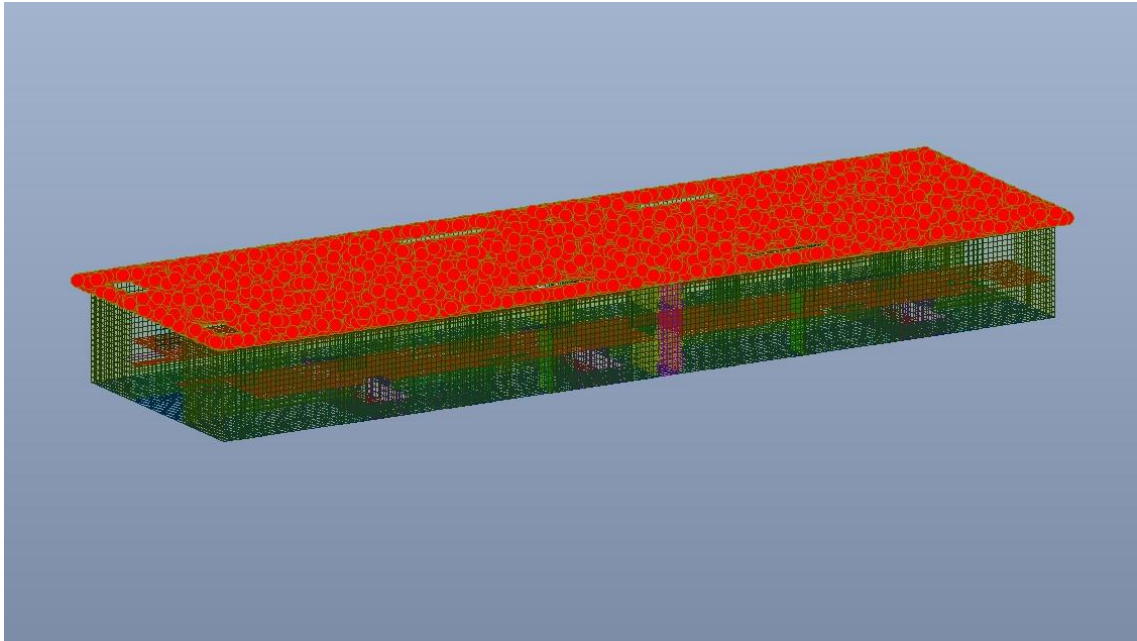


Figura 29. Solettone – Azione termica

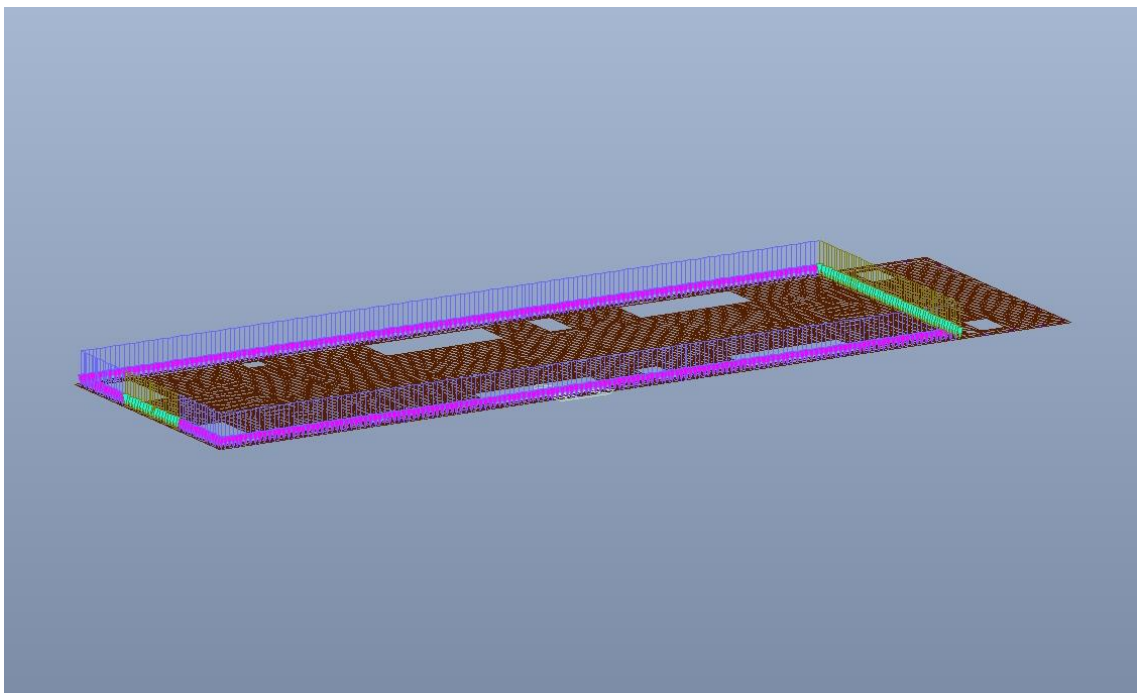


Figura 30. Solettone – Muratura perimetrale



I carichi trasmessi dalla sovrastruttura sono le reazioni vincolari (cambiate di segno) ricavate dall'analisi dei rispettivi modelli, realizzati separatamente, della Zona Viaggiatori e della Zona Locali Tecnici, comprensive anche delle azioni ambientali quali neve e vento. Per maggiori informazioni si rimanda al documento MTL2T1A1D1STRSGCT002 "Relazione di calcolo strutture accessi stazione".

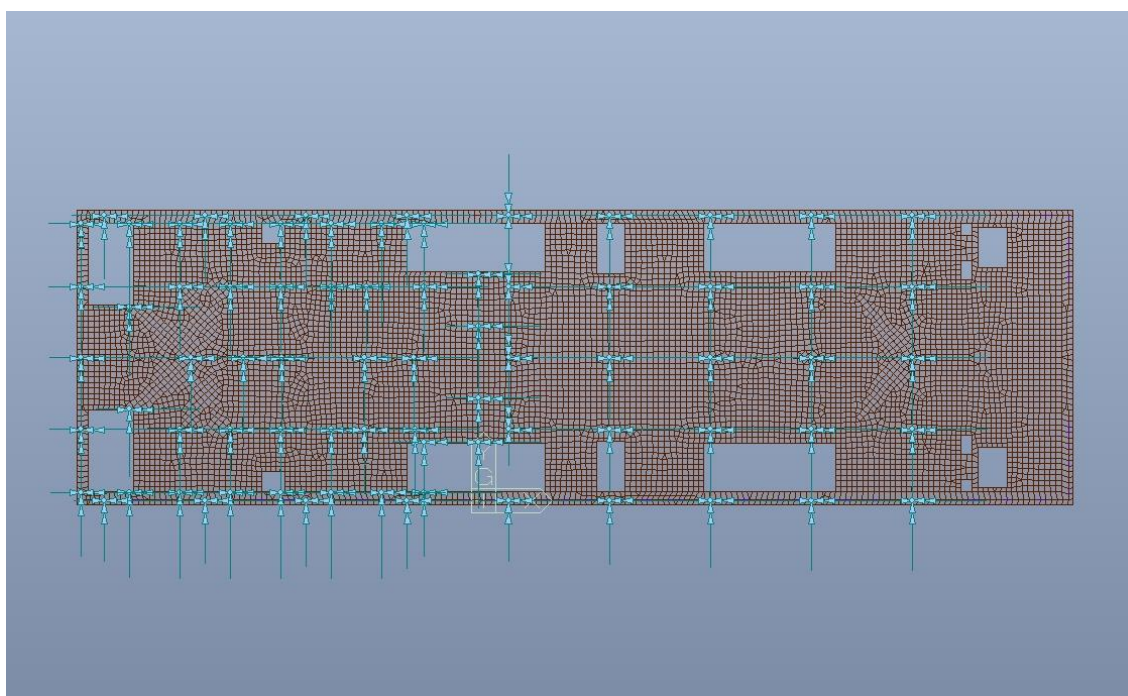


Figura 31. Solettone – Carichi trasmessi dalla Sovrastruttura

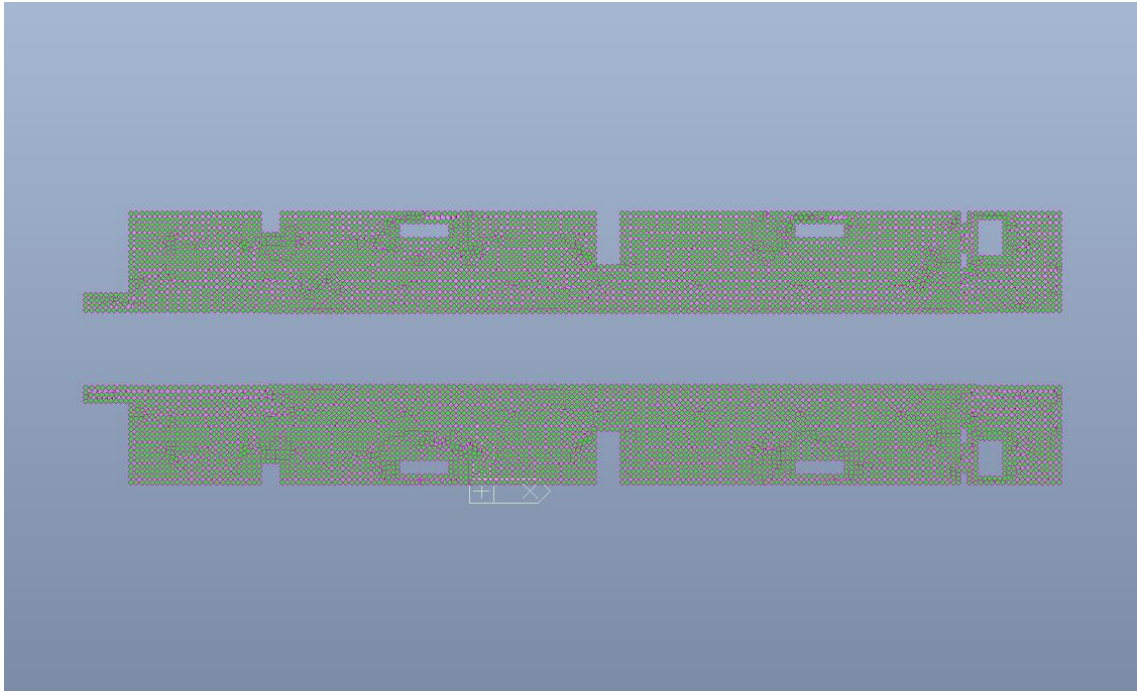


Figura 32. Banchina – Carichi permanenti NON strutturali G_2

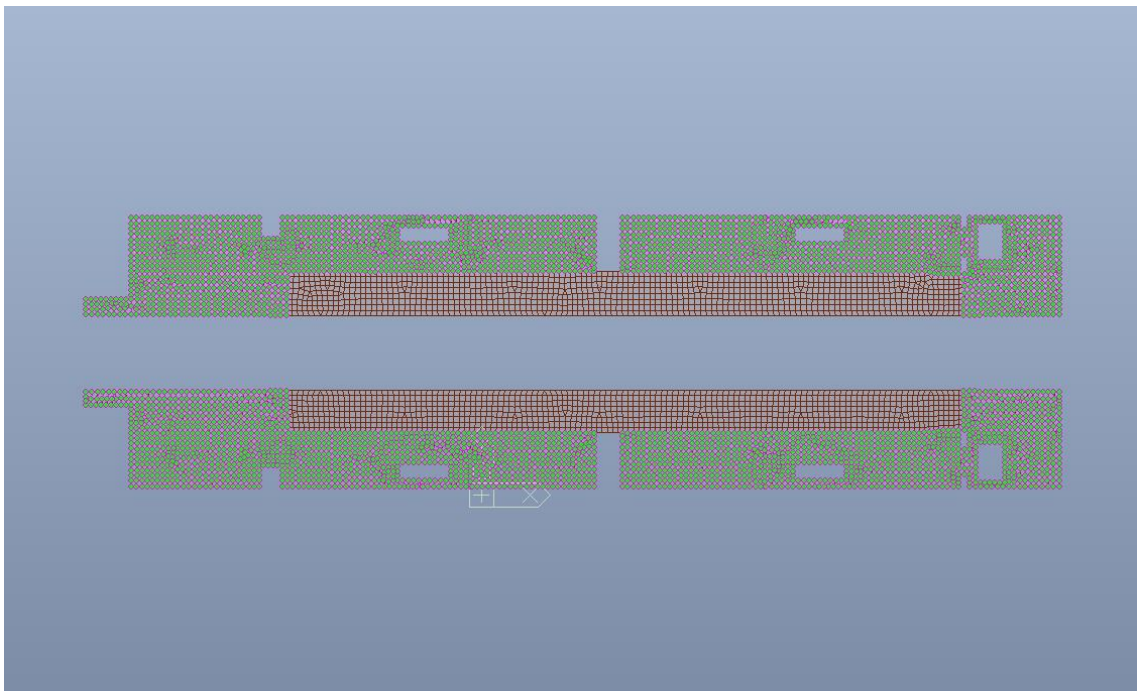


Figura 33. Banchina – Carico variabile Q cat.E – Zona Locali Tecnici

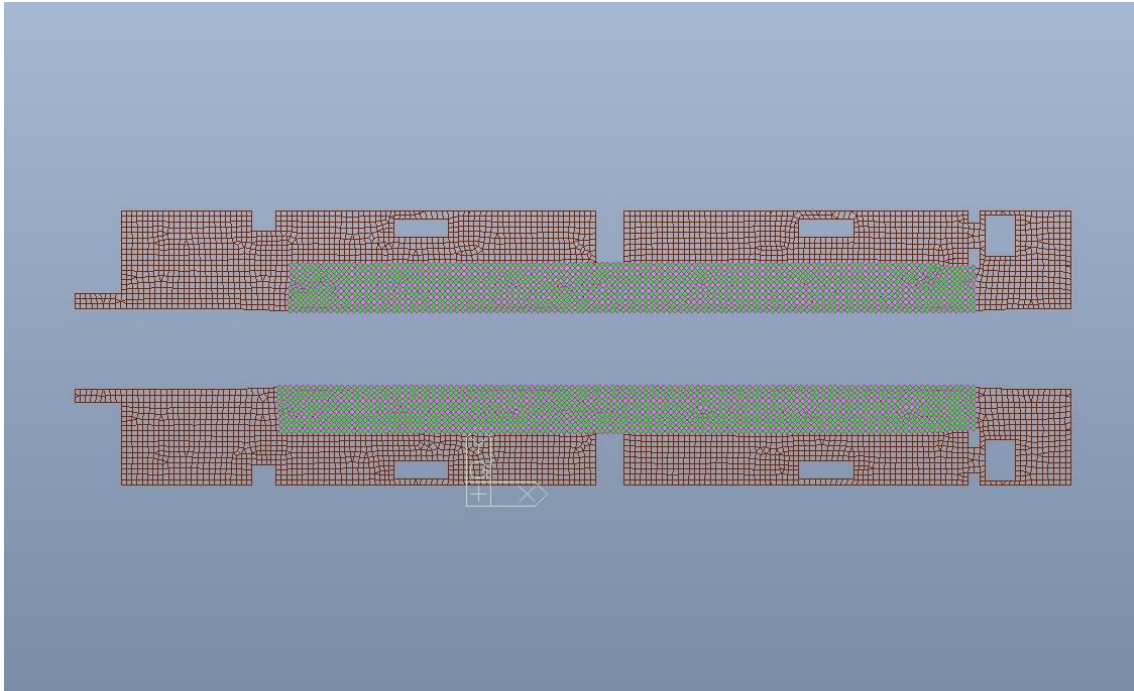


Figura 34. Banchina - Carico variabile Q cat.C5 – Zona Viaggiatori

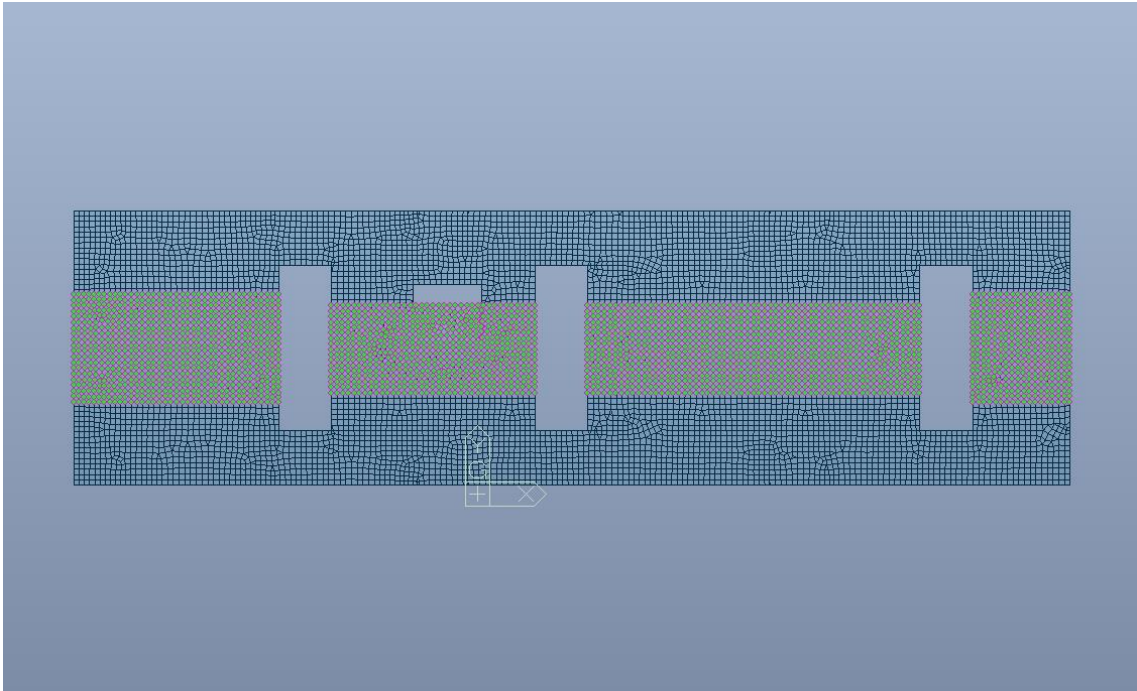


Figura 35. Platea - Carico Ballast

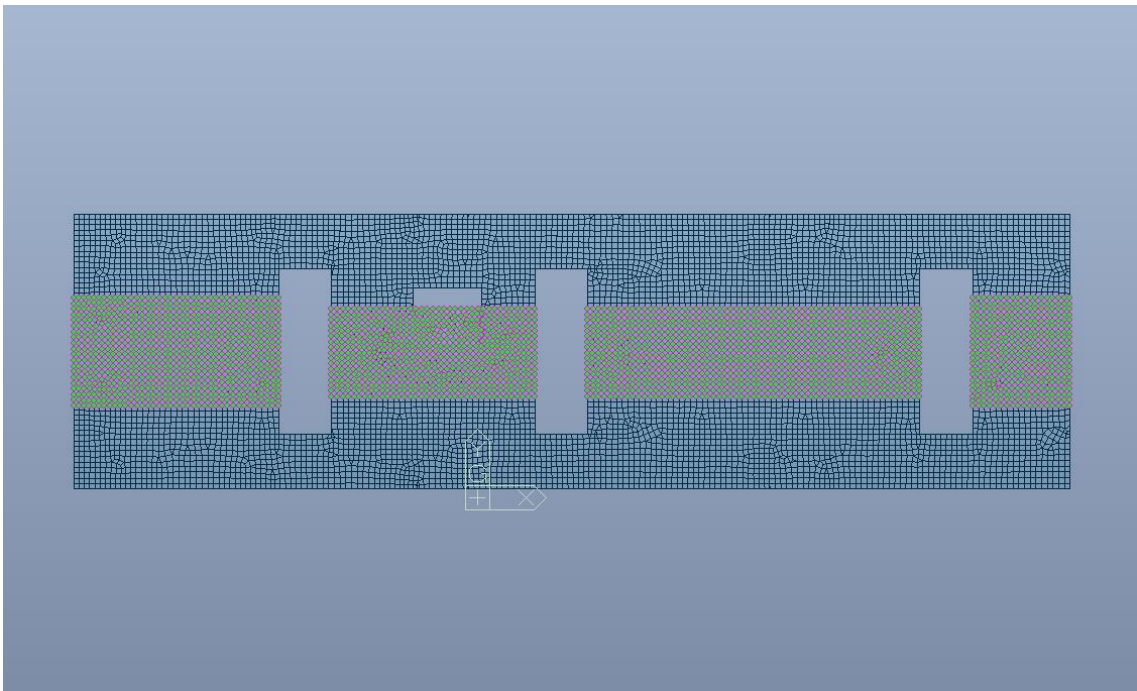


Figura 36. Platea - Carico convogli

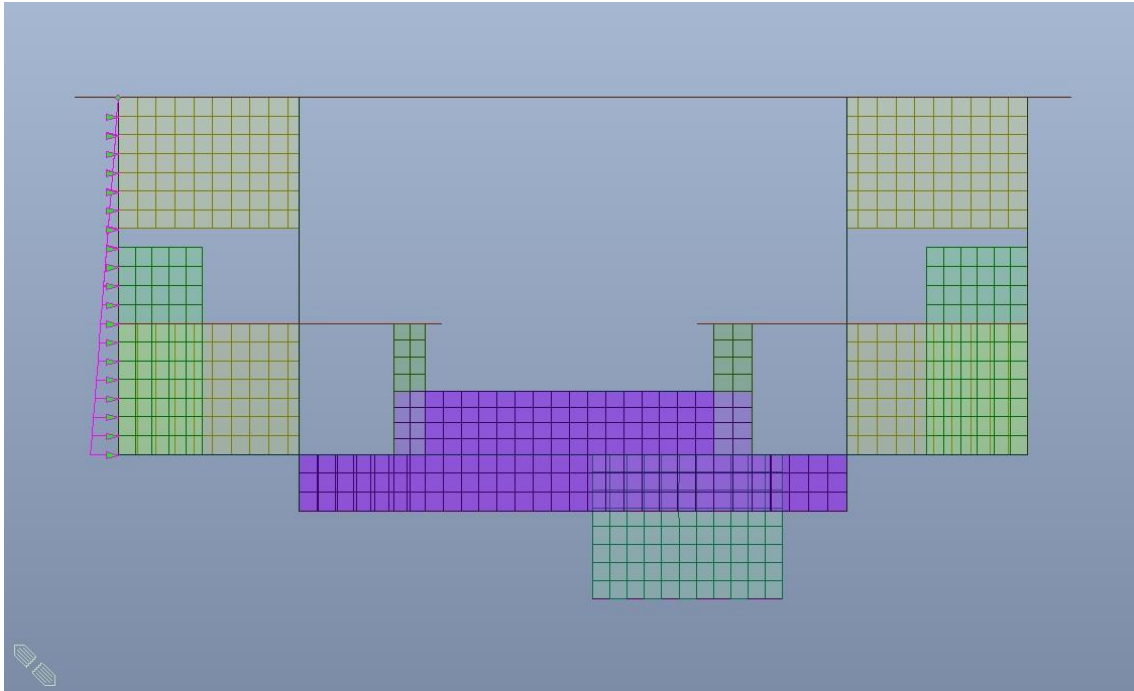


Figura 37. Fodera – Spinta laterale del terreno (20% del totale) – Tipologico

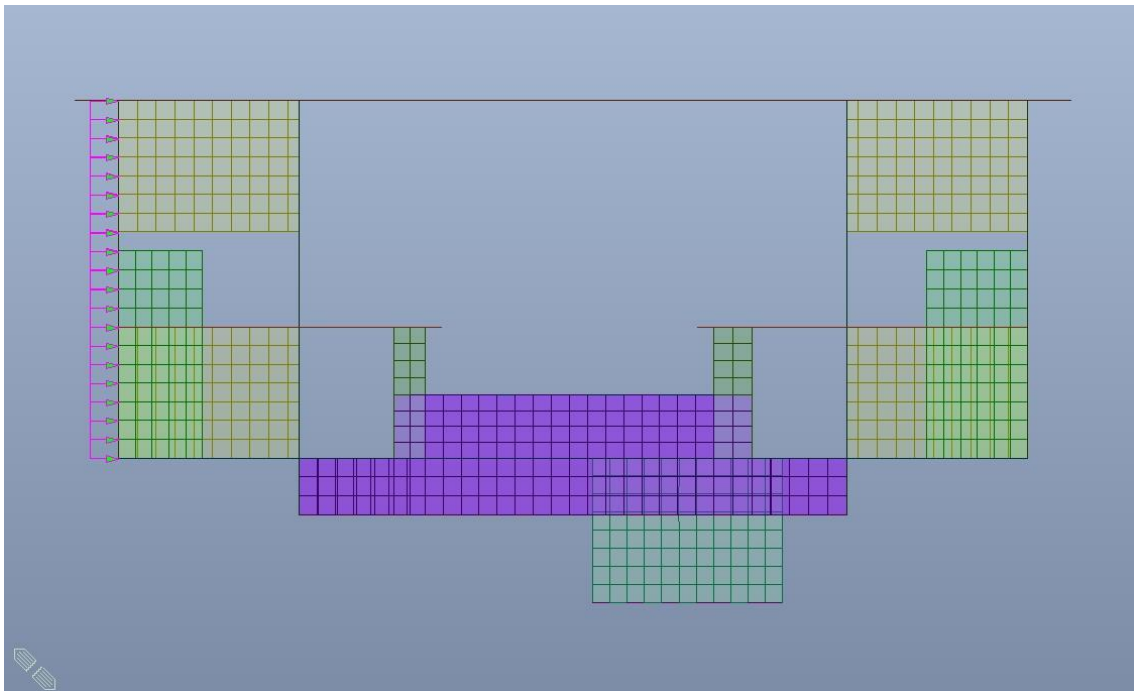


Figura 38. Fodera – Spinta laterale sovraccarico stradale (20% del totale) – Tipologico

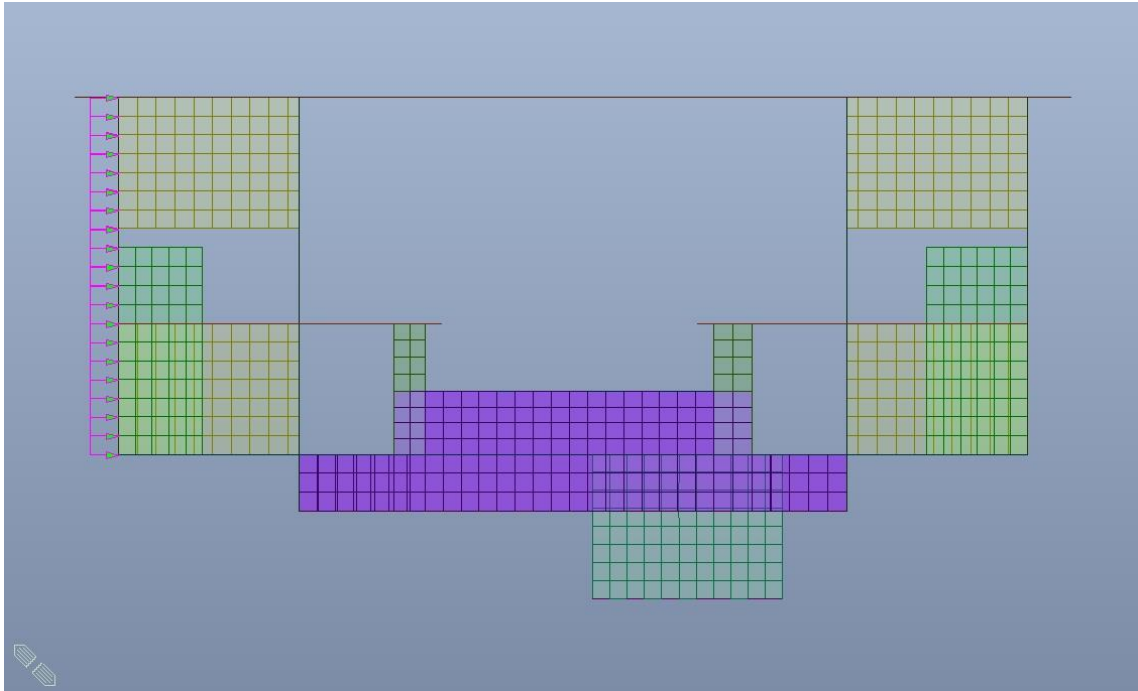


Figura 39. Fodera – Sovrappinta sismica del terreno (20% del totale) – Tipologico

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

9. 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 rispettivamente per solettone e banchina.

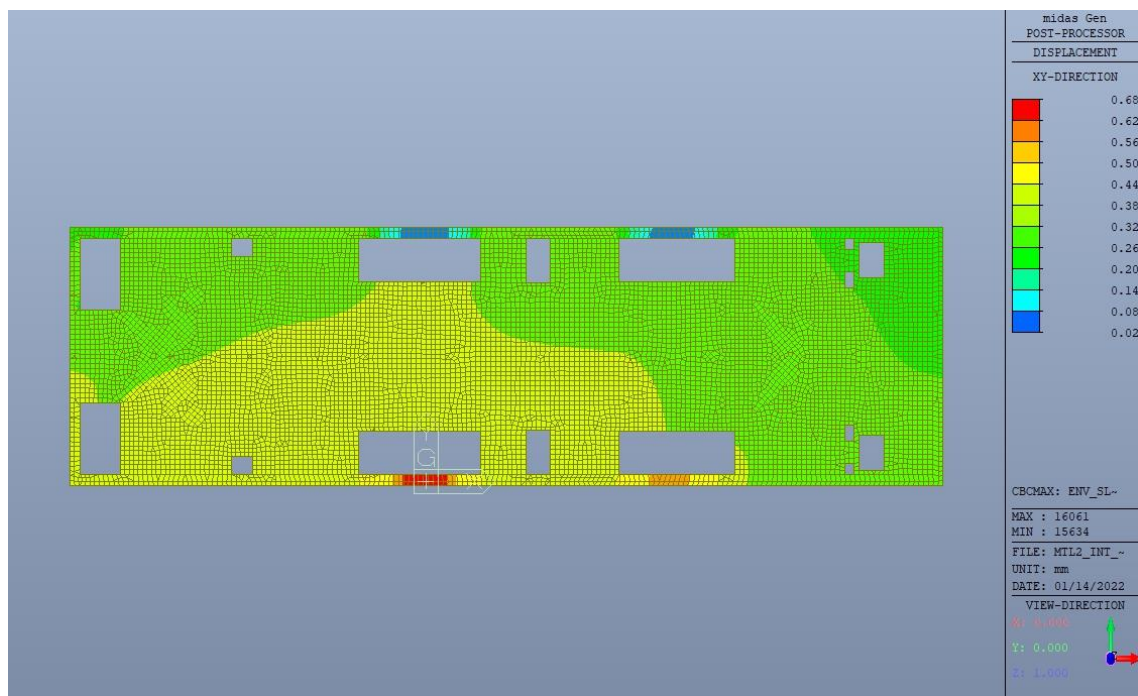


Figura 40. Solettone – Massimo spostamento XY SLO



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

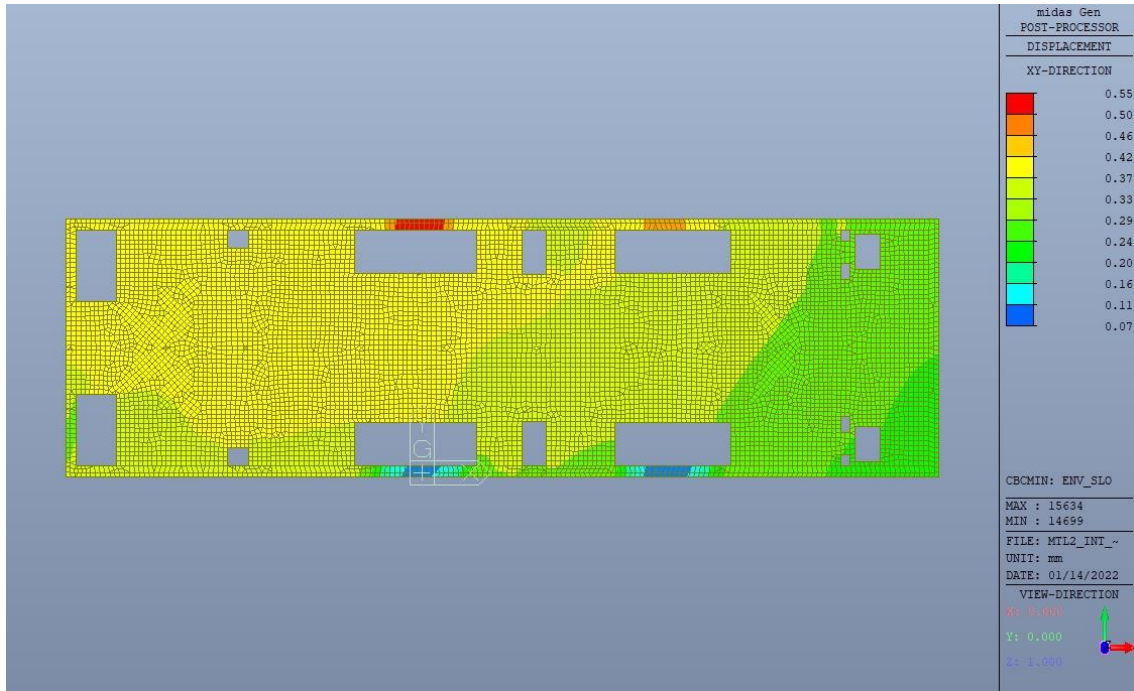
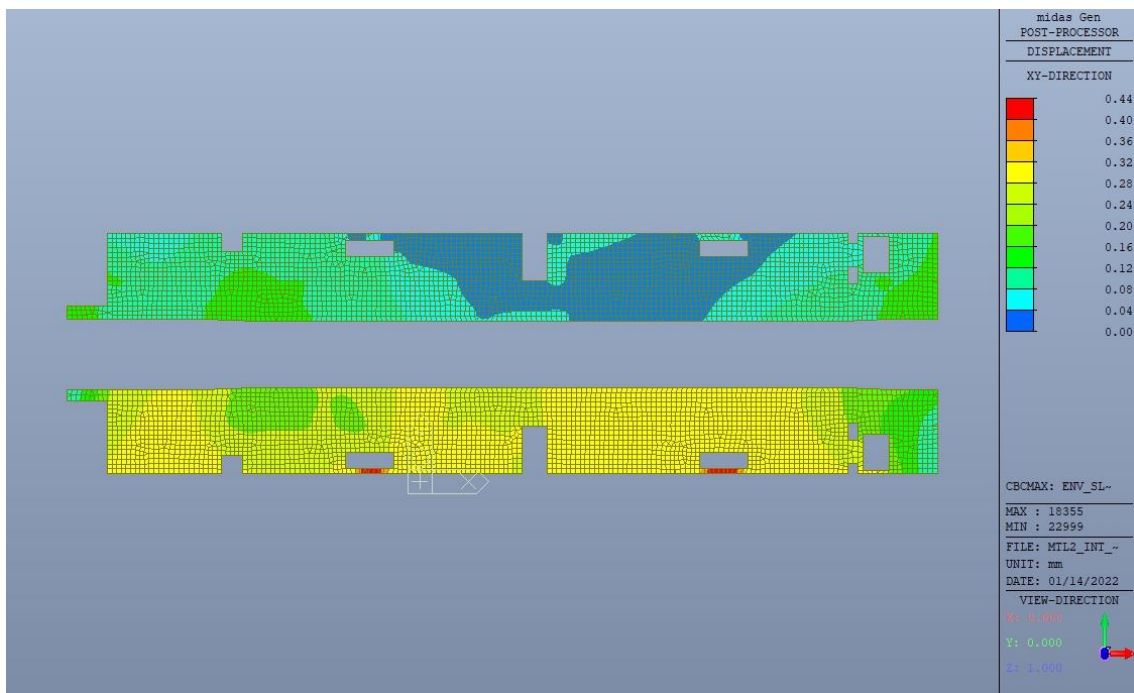


Figura 41. Solettone – Minimo spostamento XY SLO



 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Figura 42. Banchina – Massimo spostamento XY SLO

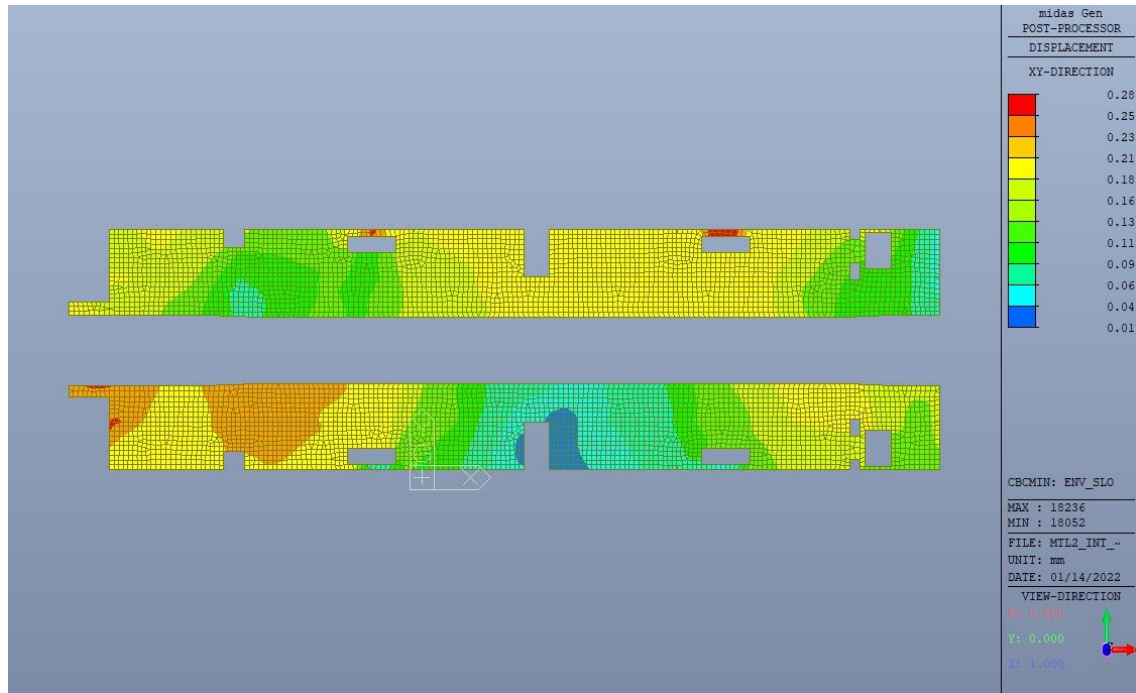


Figura 43. Banchina – Minimo spostamento XY SLO

Visto l'entità degli spostamenti nel piano XY del solettone e del piano banchina, pressoché nulla, si può ritenere la verifica di rigidità allo SLO non significativa, e quindi automaticamente soddisfatta.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

10. 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.

11. VERIFICA SOLETTONE

11.1 Verifica Stati Limite Ultimi – SLU e 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.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

11.1.1 Sollecitazioni

Le immagini successive riportano gli involuppi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV nelle due direzioni X e Y.

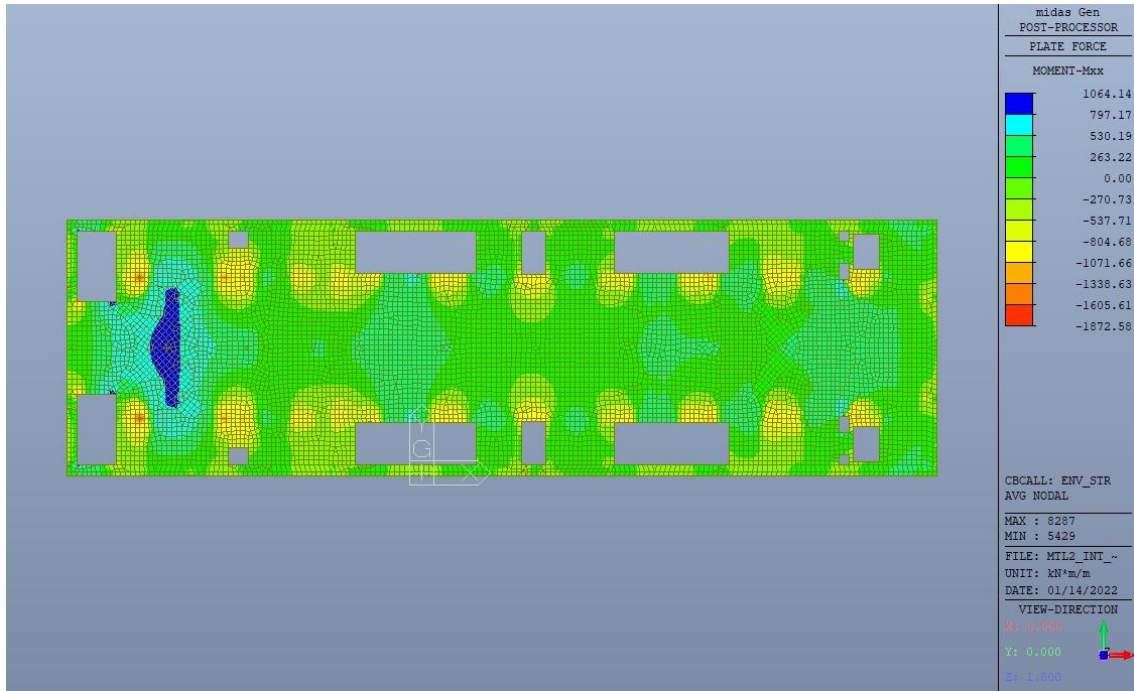


Figura 44. Solettone – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

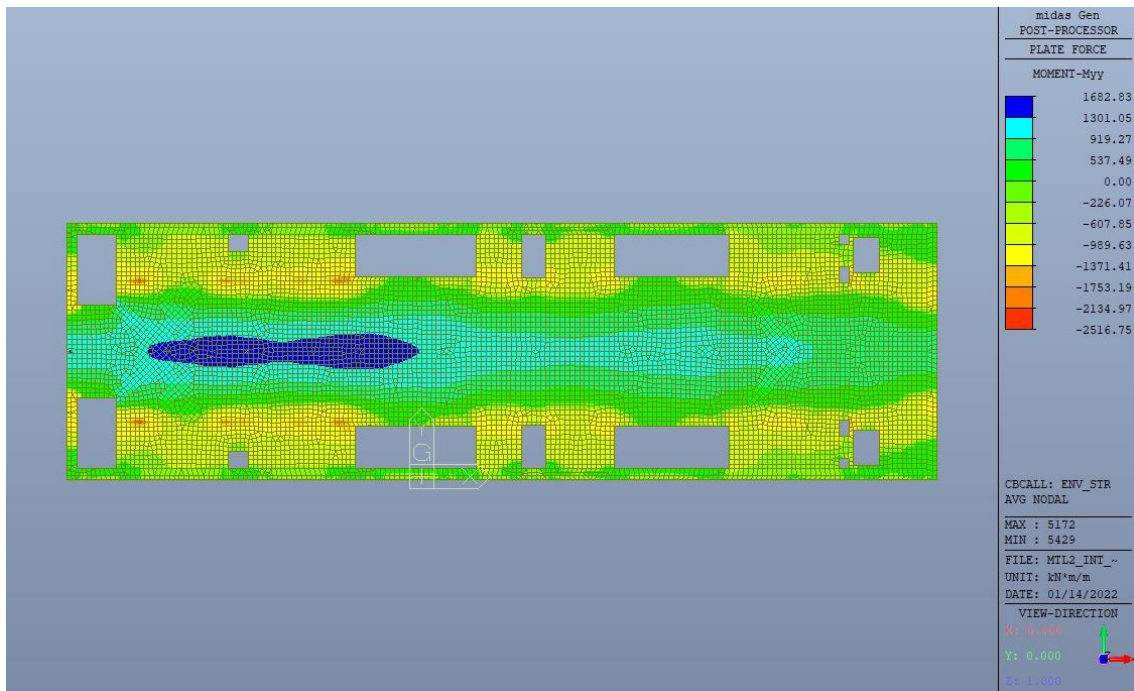


Figura 45. Solettone – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y

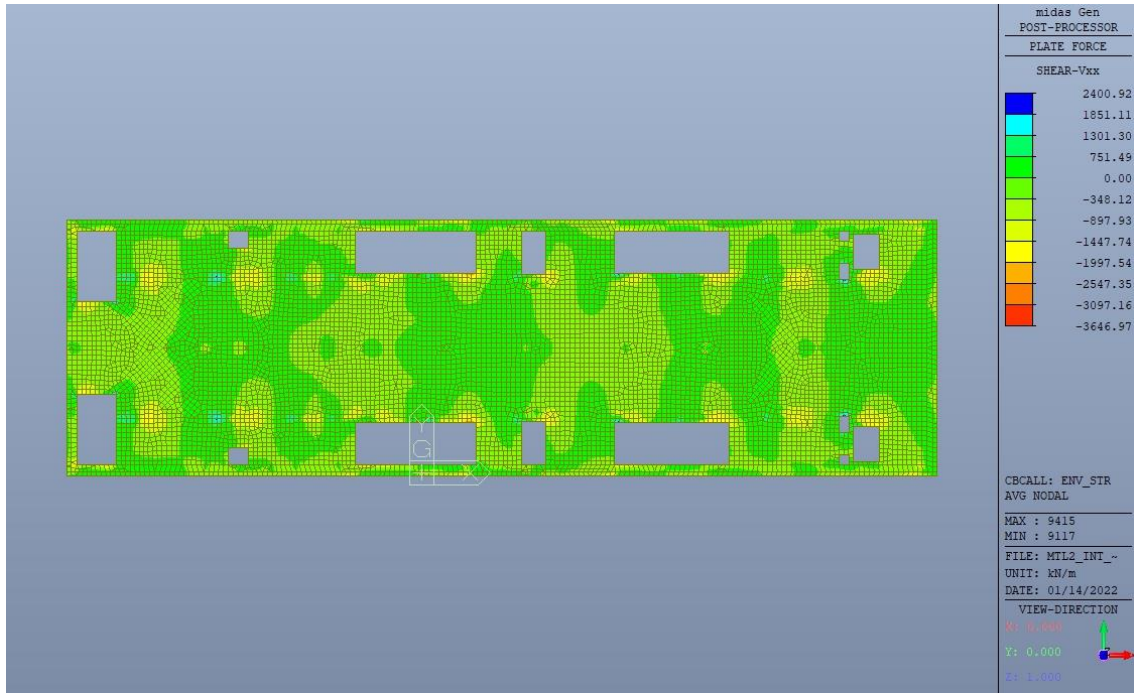


Figura 46. Solettone – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

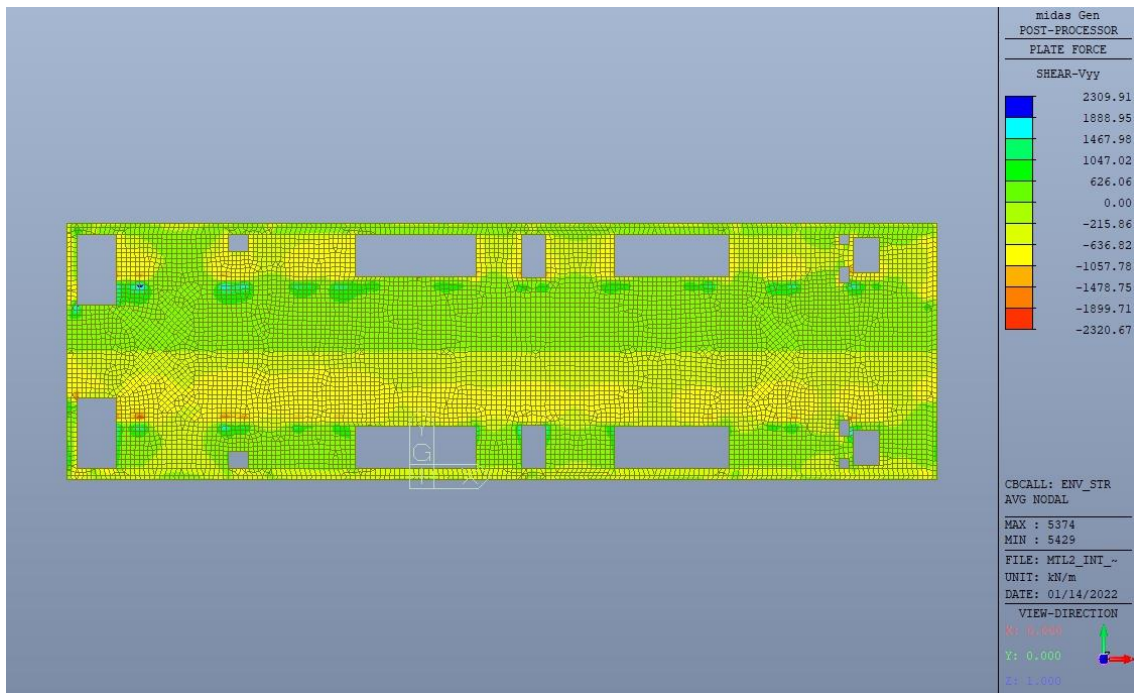


Figura 47. Solettone – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

11.1.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura longitudinale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per le travi pari a

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot h$$

dove:

- f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione del cls;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura;
- b_t è la larghezza media della zona tesa;
- h è l'altezza della sezione.

Tabella 25. Armatura minima

				D1 - TOP			D1 - BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Solettone H120	100	120	12000	22.6	20.08	OK	22.6	20.08	OK
				D2 - TOP			D2 - BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Solettone H120	100	120	12000	22.6	20.08	OK	22.6	20.08	OK

Nelle immagini seguenti sono riportate le armature superiori e inferiori nelle due direzioni D1 e D2.



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

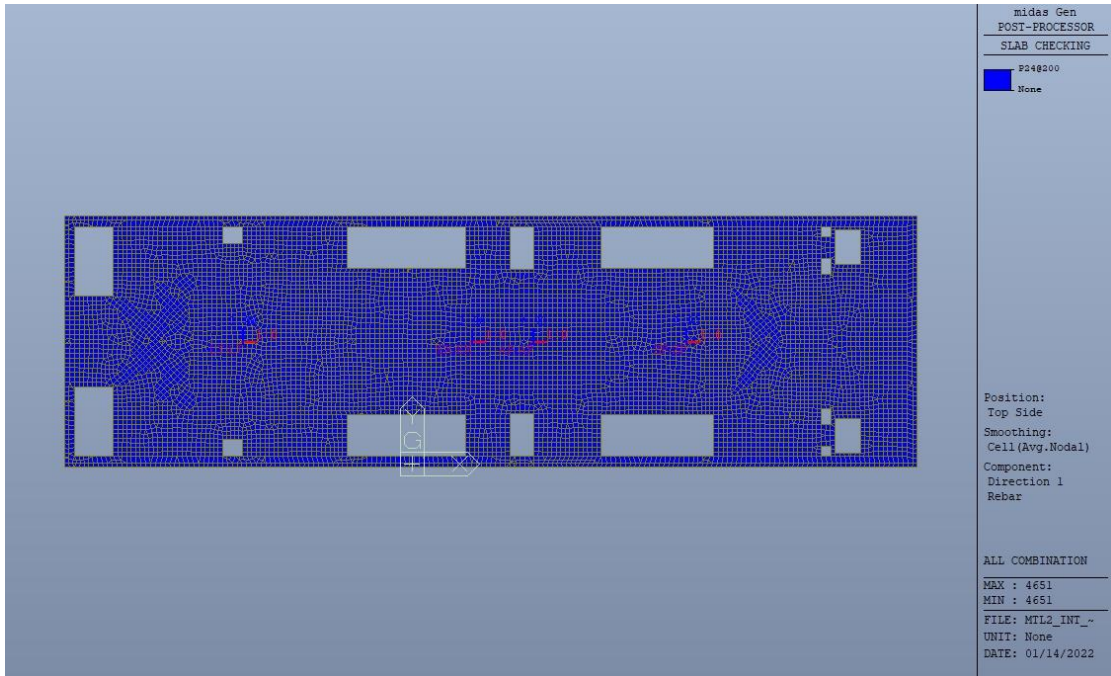


Figura 48. Solettone – Armatura superiore direzione D1

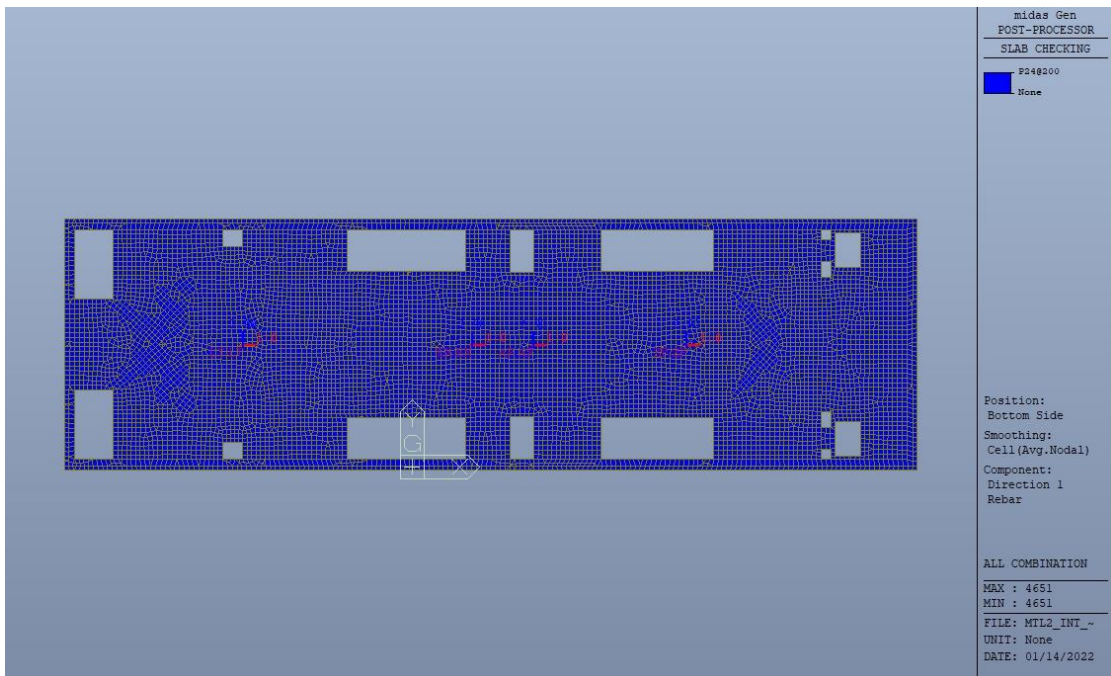


Figura 49. Solettone – Armatura inferiore direzione D1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

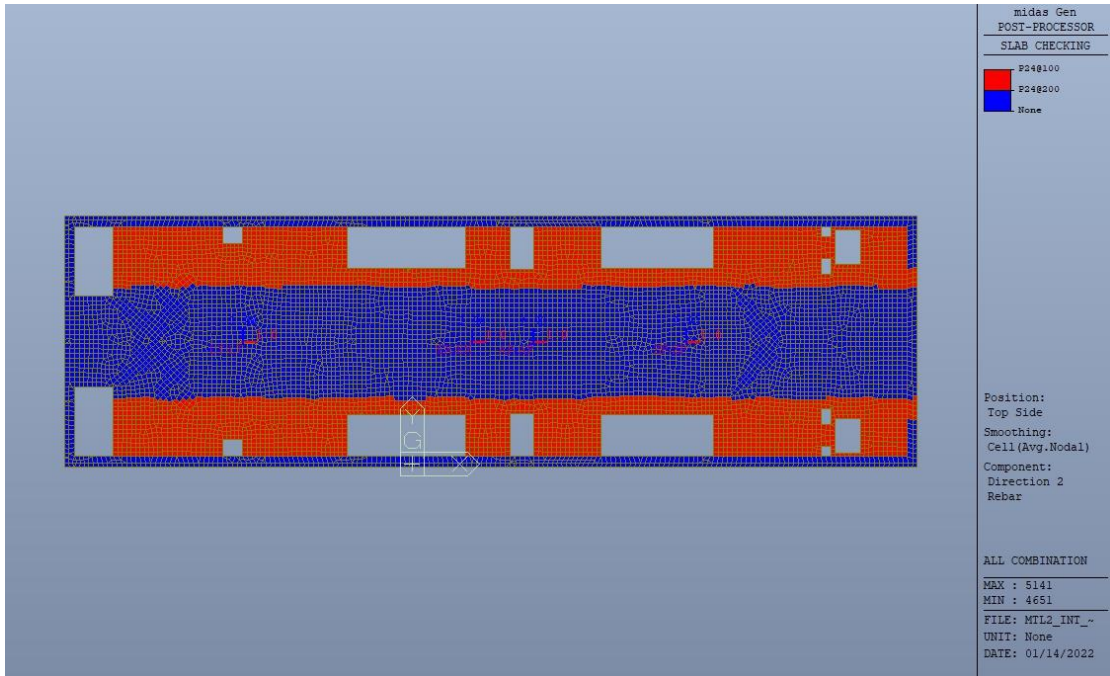


Figura 50. Solettone – Armatura superiore direzione D2

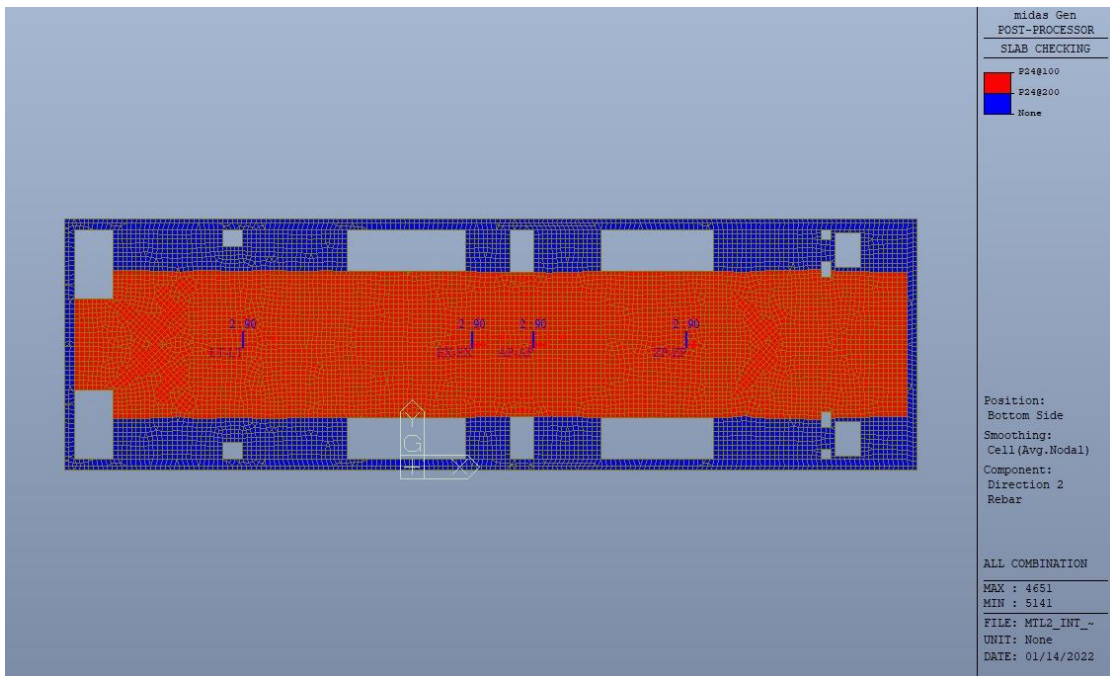


Figura 51. Solettone – Armatura inferiore direzione D2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali nelle due direzioni D1 e D2 evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

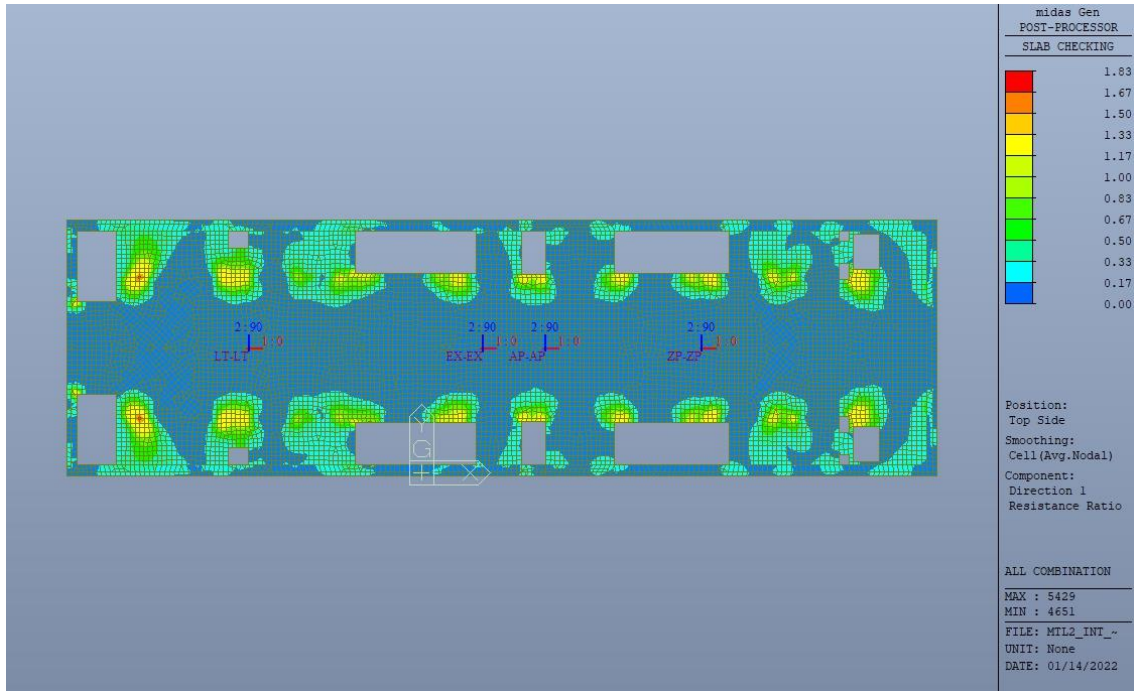


Figura 52. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1

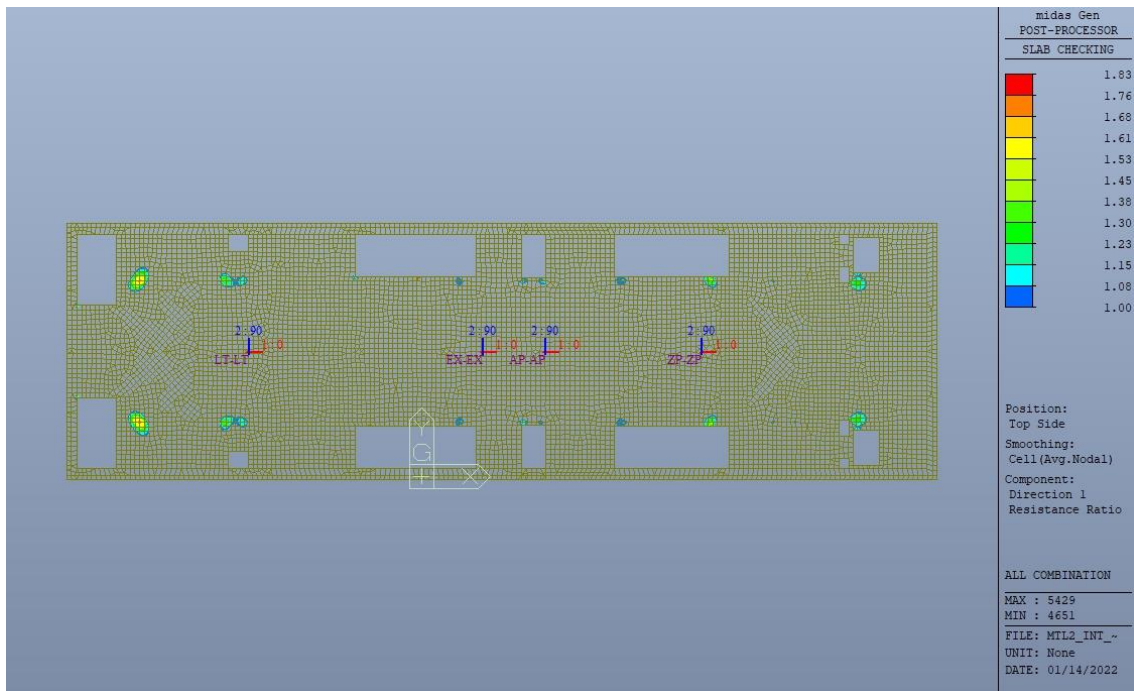


Figura 53. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1

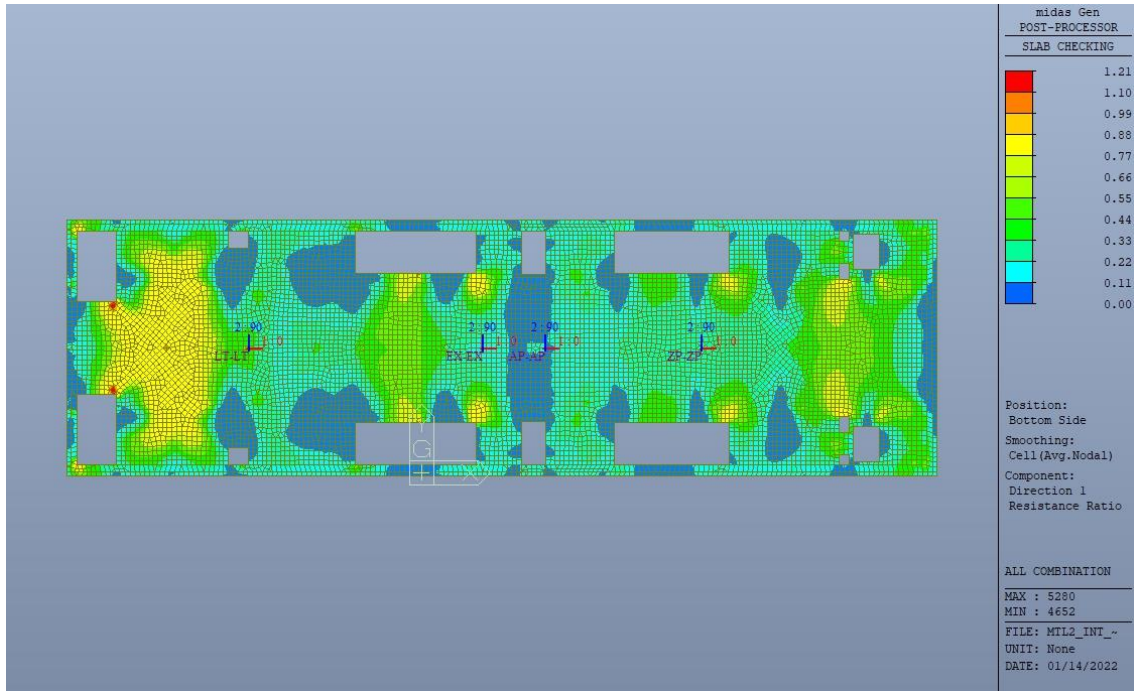


Figura 54. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1

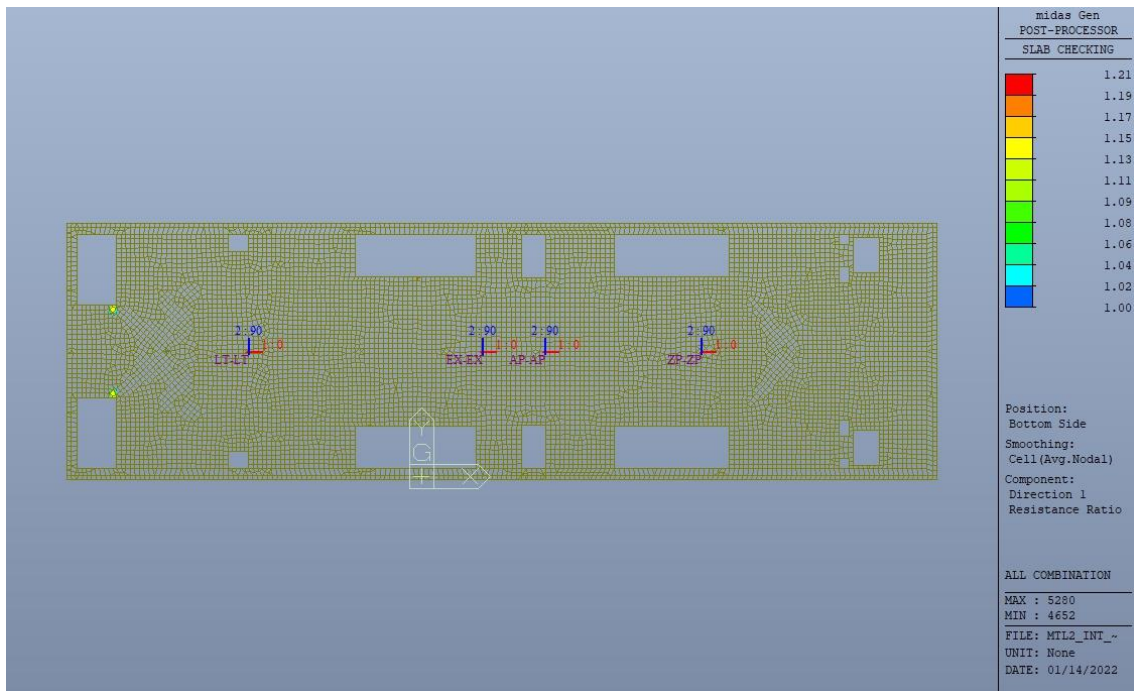


Figura 55. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

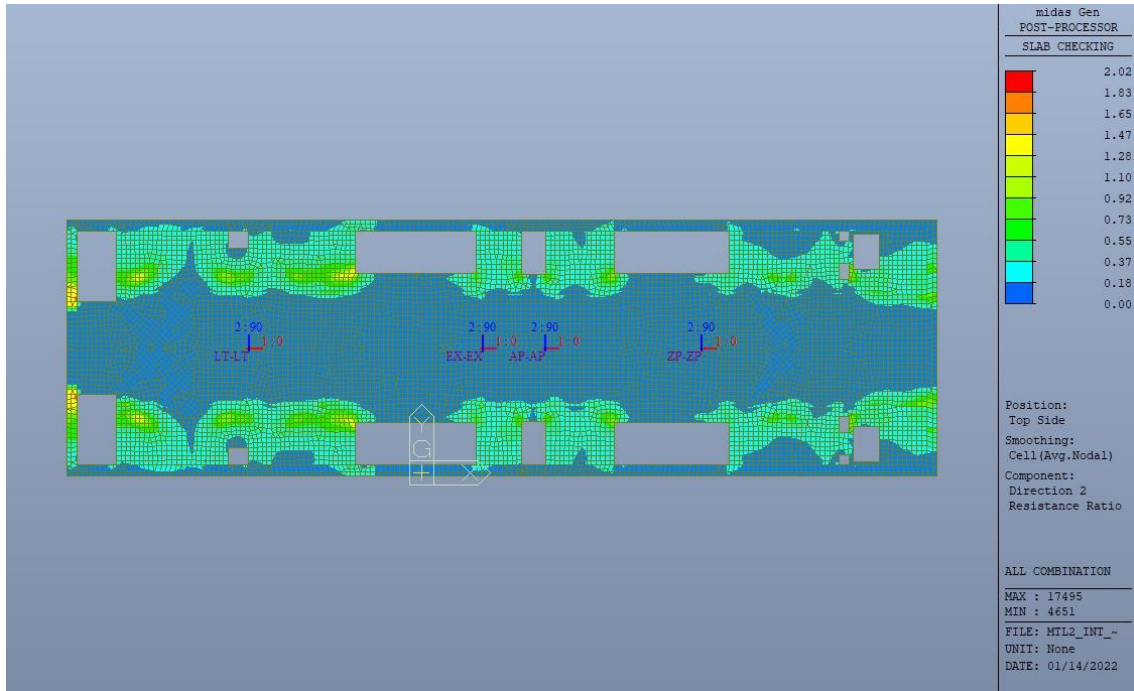


Figura 56. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2

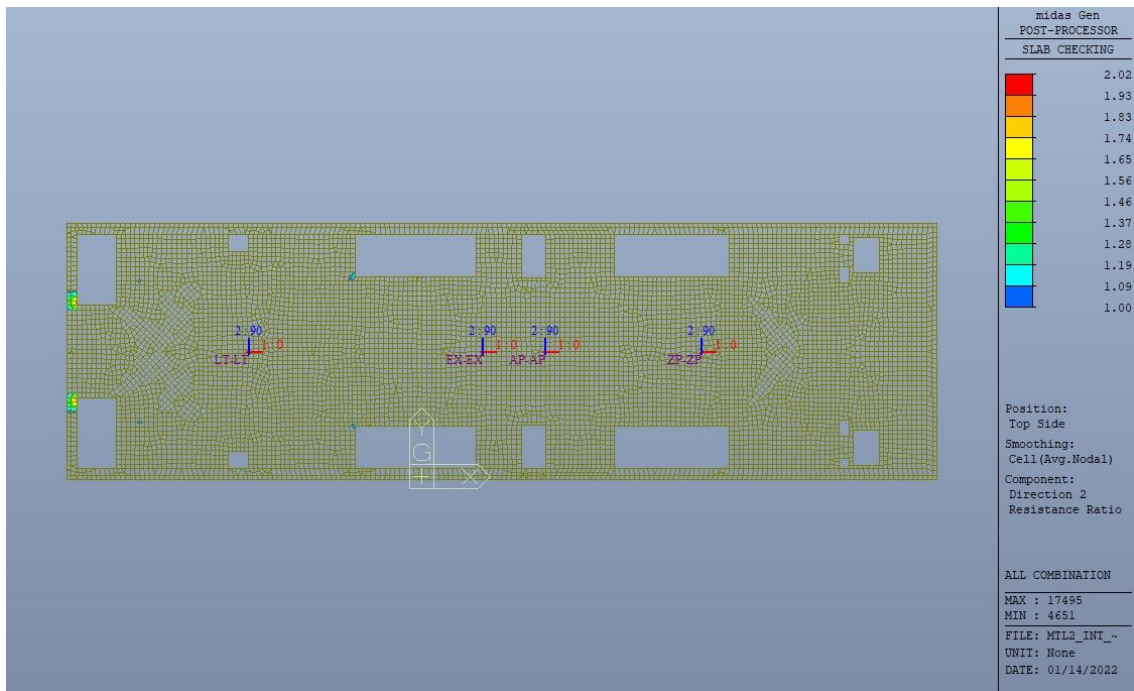


Figura 57. Solettone – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

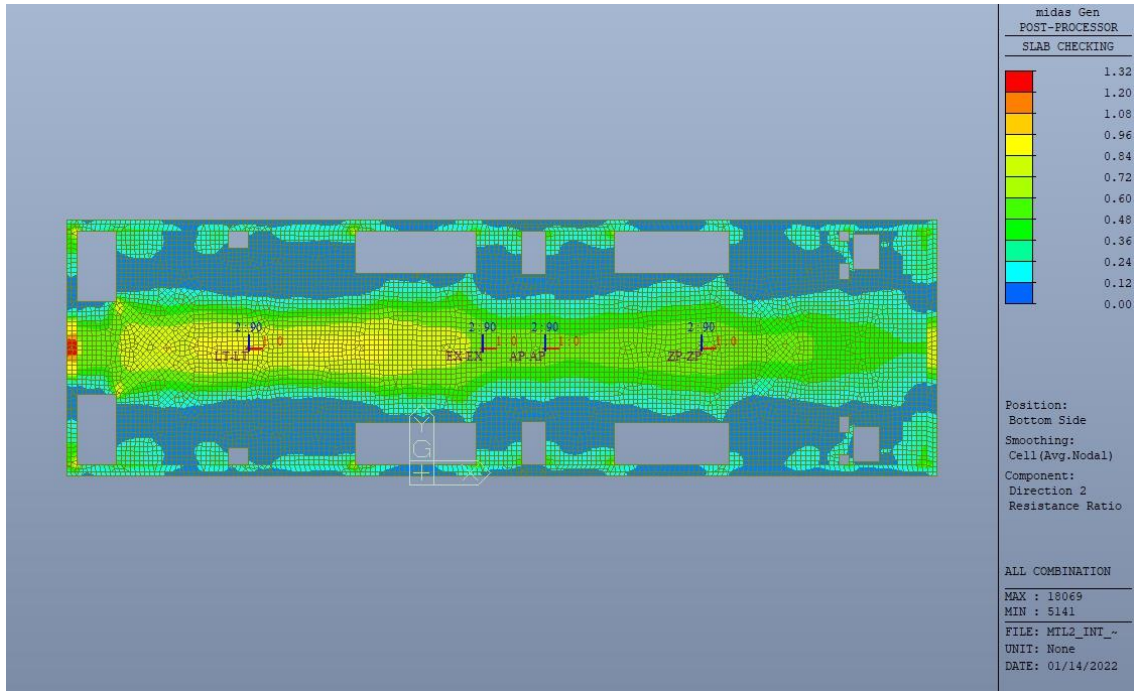


Figura 58. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2

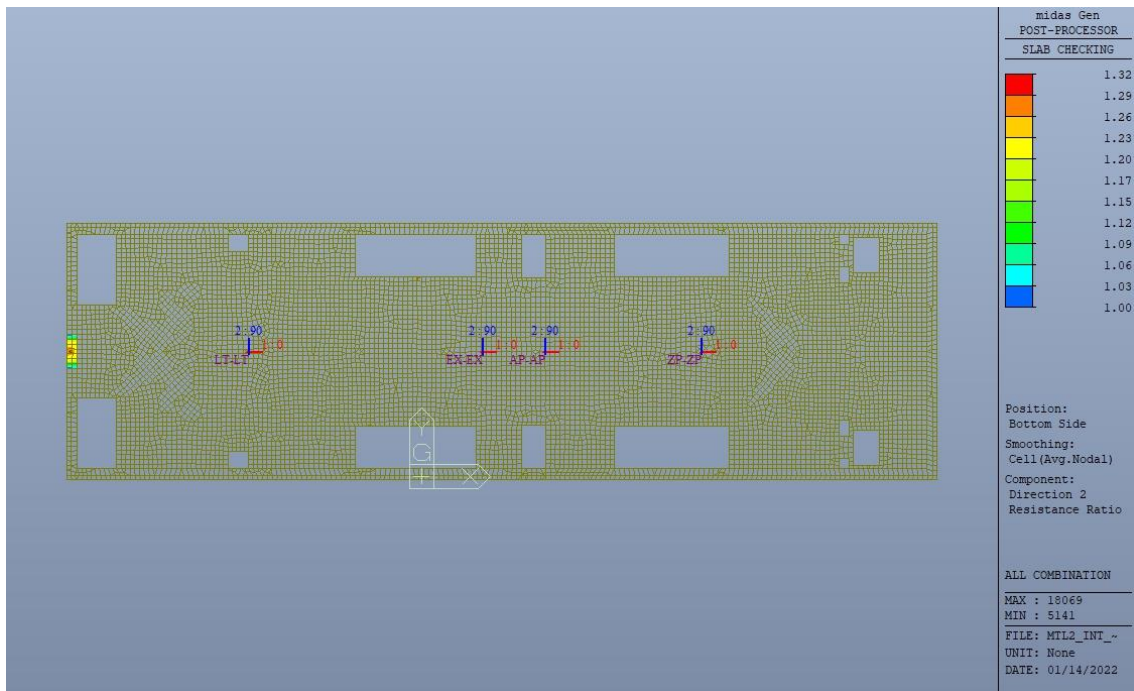


Figura 59. Solettone – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

Resistenza a taglio di progetto in direzione X e Y – valore per unità di lunghezza.

Tabella 26. Verifica taglio - Solettone

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	1000	mm	copriferro
d	1200	mm	altezza utile sezione
k	1.42		
ρ_1	0.20%		rapporto geometrico di armatura longitudinale
v_{min}	0.328		
V_{Rd}	353.61	kN	
$V_{Rd,min}$	372.42	kN	
$V_{Rd,c}$	372.42	kN	resistenza a taglio NO armatura
NB	2.5		numero bracci
D	16	mm	diametro armatura a taglio
A_b	2.01	cm ²	area barra armatura a taglio
A_{st}	10.05	cm ²	area complessiva staffe
st	200	mm	passo staffe
γ_s	1.15		
α	90	°	
cotg teta	1		
V_{Rsd}	2008.58	kN	resistenza di progetto a taglio - lato acciaio
α_c	1		
v	0.5		
f_{cd}	17.40	N/mm ²	
V_{Rcd}	4444.12	kN	resistenza di progetto a taglio - lato calcestruzzo
VRd	2008.58	kN	resistenza a taglio CON armatura

Come riportato dalle immagini successive, la resistenza di progetto a taglio per elementi con armatura dedicata è superiore al taglio agente in ogni parte del solettone di copertura per entrambe le direzioni.

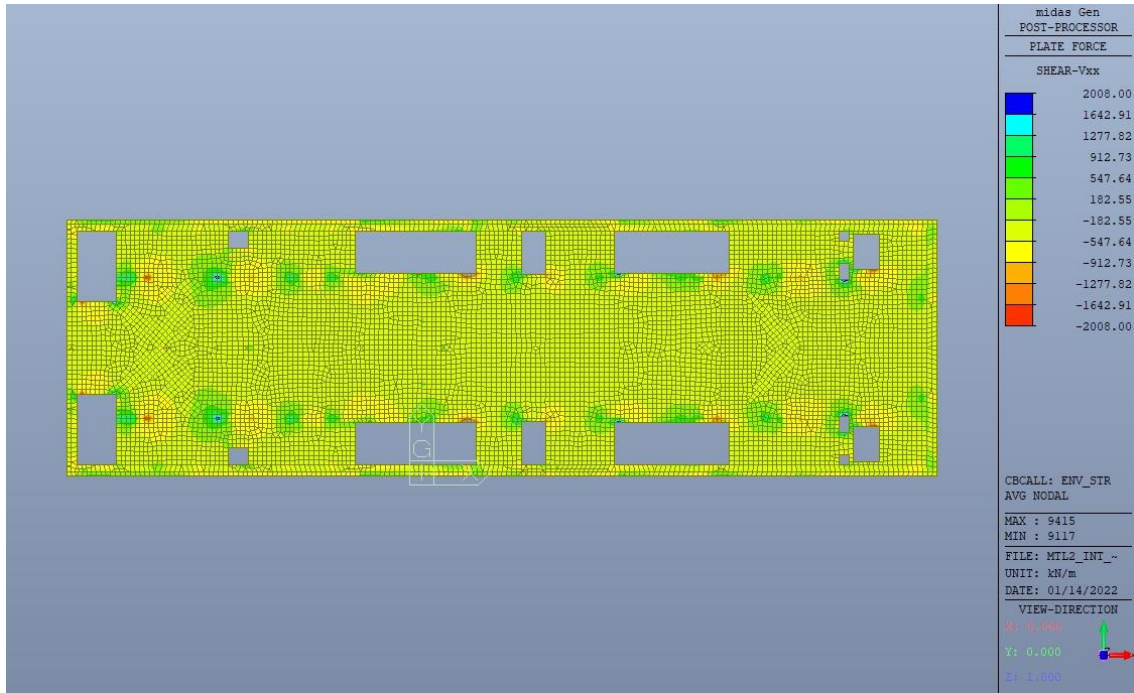


Figura 60. Resistenza a taglio Direzione X

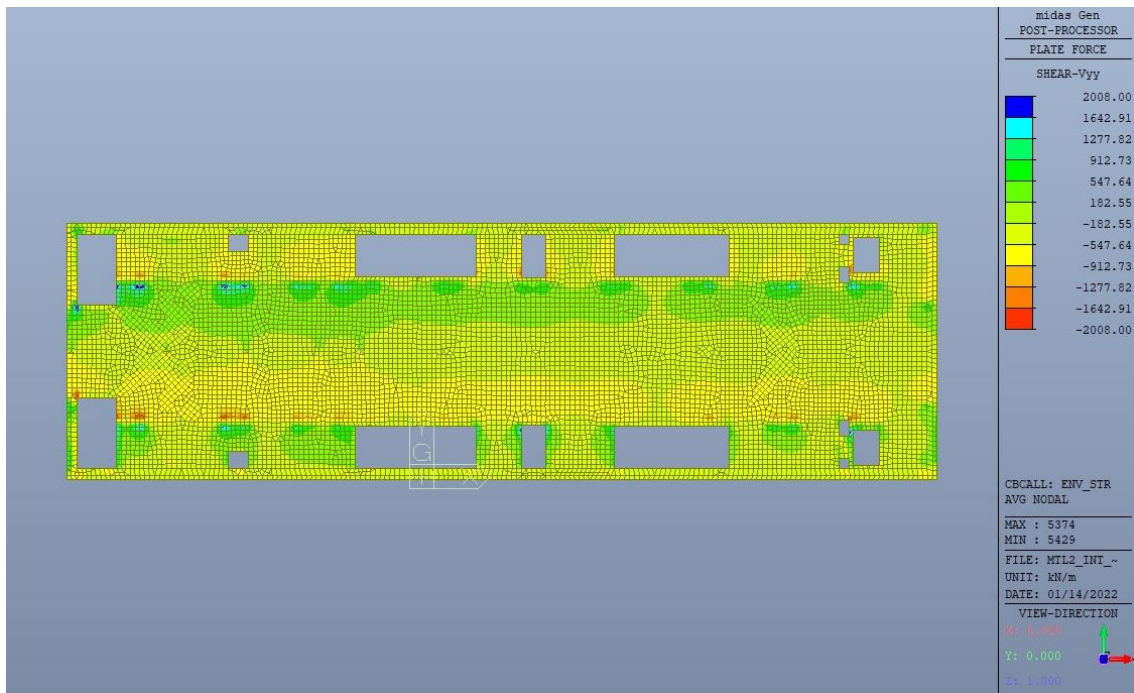


Figura 61. Resistenza a taglio Direzione Y



VERIFICA PUNZONAMENTO DIAFRAMMI INTERNI

Di seguito si riporta la verifica a punzonamento del diaframma centrale maggiormente sollecitato.

A favore di sicurezza si sono considerate solamente le cuciture in corrispondenza delle facce del diaframma, trascurando anche quelle nella porzione di solettone compresa tra il diaframma stesso e il foro adiacente la fodera.

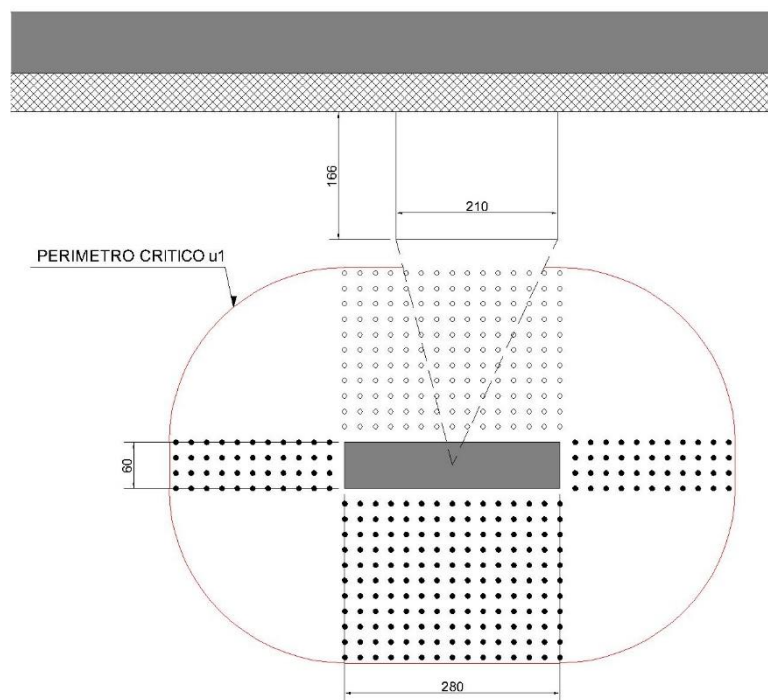


Figura 62. Diaframma interno con individuazione del perimetro critico - Pianta

**Tabella 27. Verifica punzonamento diaframma interno**

MATERIALI			
cls	C30/37		classe calcestruzzo
f_{ck}	30	N/mm ²	resistenza caratteristica cilindrica a compressione
γ_c	1.50		coefficiente di sicurezza calcestruzzo
f_{cd}	17.00	N/mm ²	resistenza di progetto a compressione
acciaio	B450		tipologia acciaio
f_{yk}	450	N/mm ²	resistenza caratteristica di snervamento
γ_s	1.15		coefficiente di sicurezza acciaio
f_{ywd}	391.30	N/mm ²	resistenza di progetto armatura taglio-punzonamento
$f_{ywd,ef}$	391.30	N/mm ²	resistenza di progetto efficace armatura taglio-punzonamento
GEOMETRIA			
s	1200	mm	spessore piastra
c_1	2800	mm	dimensione pilastro direzione D1
c_2	600	mm	dimensione pilastro direzione D2
ARMATURA			
ϕ_{D1}	24	mm	diametro barre direzione D1
p_{D1}	200	mm	passo barre direzione D1
c_{D1}	60	mm	copriferro direzione D1
d_{D1}	1140	mm	altezza utile sezione direzione D1
ρ_{D1}	0.0020	mm	rapporto geometrico di armatura direzione D1
ϕ_{D2}	24	mm	diametro barre direzione D2
p_{D2}	200	mm	passo barre direzione D2
c_{D2}	80	mm	copriferro direzione D2
d_{D2}	1120	mm	altezza utile sezione direzione D2
ρ_{D2}	0.0020	mm	rapporto geometrico di armatura direzione D2
d	1130	mm	altezza utile sezione
ρ	0.0020	mm	rapporto geometrico di armatura piastra
SOLLECITAZIONI			
V_{Ed}	9384	kN	azione assiale pilastro
$M_{Ed,D1}$	537	kNm	momento flettente attorno a D1
$M_{Ed,D2}$	6233	kNm	momento flettente attorno a D2
VERIFICA PER ELEMENTI PRIVI DI ARMATURA A PUNZONAMENTO			
u_0	6800	mm	perimetro pilastro
u_1	19283	mm	perimetro di verifica posto a distanza 2d dal pilastro
k_{D1}	0.80		
k_{D2}	0.45		
W_{D1}	48622398	mm ²	con D1 direzione parallela all'eccentricità
W_{D2}	39206400	mm ²	con D2 direzione parallela all'eccentricità
β_{D1}	0.21		
β_{D2}	0.01		
β	1.22		
$v_{Ed,0}$	1.49	N/mm ²	tensione di punzonamento di progetto lungo il perimetro u_0
v	0.50		
$v_{Rd,max}$	4.25	N/mm ²	massimo valore della resistenza a taglio-punzonamento
CK	OK		VERIFICA SODDISFATTA
$v_{Ed,1}$	0.53	N/mm ²	tensione di punzonamento di progetto lungo il perimetro u_1
$C_{Rd,c}$	0.18		
k	1.421		
$v_{Rd,c1}$	0.31	N/mm ²	[1]
v_{min}	0.32	N/mm ²	[2]
$v_{Rd,c}$	0.32	N/mm ²	resistenza a punzonamento senza armatura a taglio-punzonamento
CK	NO		VERIFICA NON SODDISFATTA - INSERIRE ARMATURA A PUNZONAMENTO
VERIFICA PER ELEMENTI CON ARMATURA A PUNZONAMENTO			
α	90	°	angolo compreso fra armatura a taglio e il piano della piastra
a_1	200	mm	distanza prima serie dal pilastro
N	38		numero cuciture per ogni serie
d	16	mm	diametro singola cucitura
A_{sw}	7638	mm ²	area totale serie
s_r	200	mm	passo radiale
$s_{t,max}$	200	mm	passo tangenziale
$v_{Rd,cs}$	1.41	N/mm ²	resistenza a punzonamento con armatura a taglio-punzonamento
CK	OK		VERIFICA SODDISFATTA

La verifica è soddisfatta.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

11.2 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

11.2.1 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.

$L = 14.40 \text{ m}$ (tra travi rialzate interne)

$\delta_{\max} = 57.6\text{mm}$

Di seguito si riporta la deformata calcolata, a favore di sicurezza, in condizione di creep (effetti a lungo termine dovuti al fluage) con un modulo elastico del cls E_c ridotto di un valore pari a 2.75.

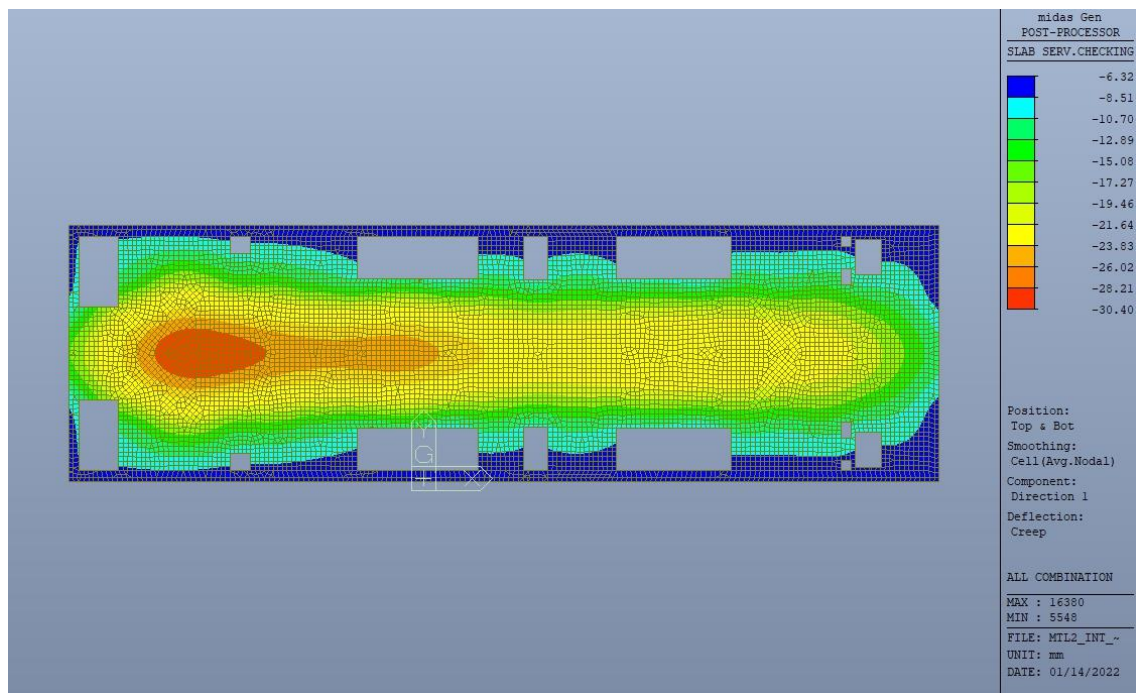


Figura 63. Massima deformazione – Sezione fessurata

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Il massimo valore dell'abbassamento in combinazione RARA è pari a 30.40mm, inferiore al valore massimo e compatibile con le prestazioni richieste.

La verifica è soddisfatta.

11.2.2 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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (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.

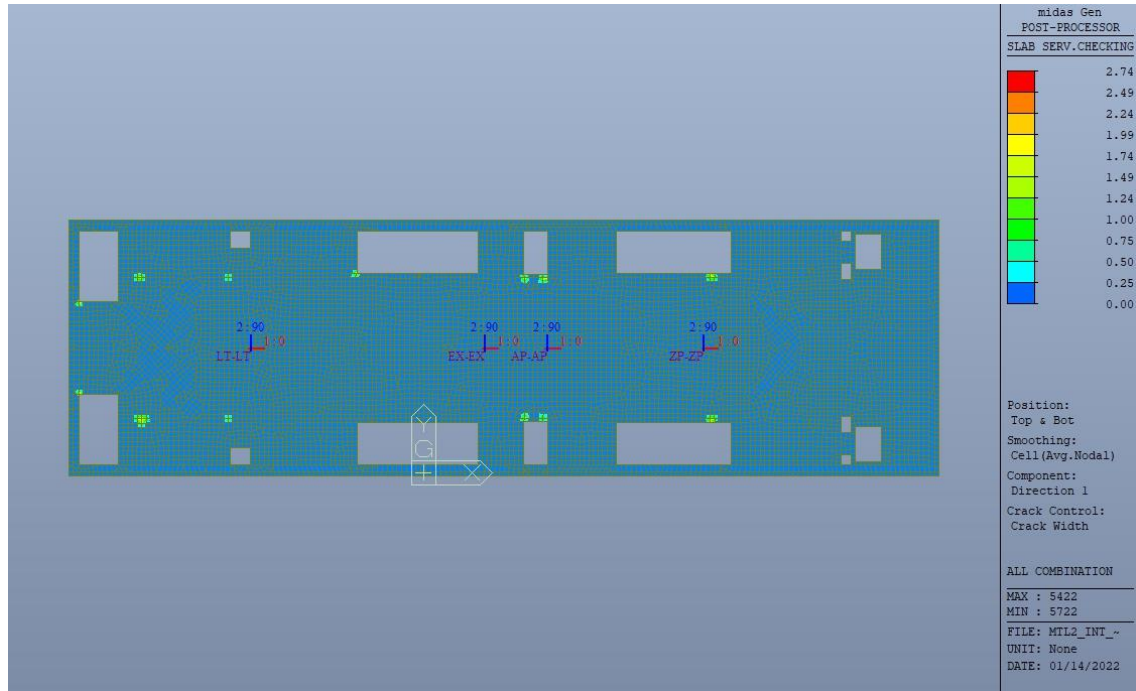


Figura 64. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1

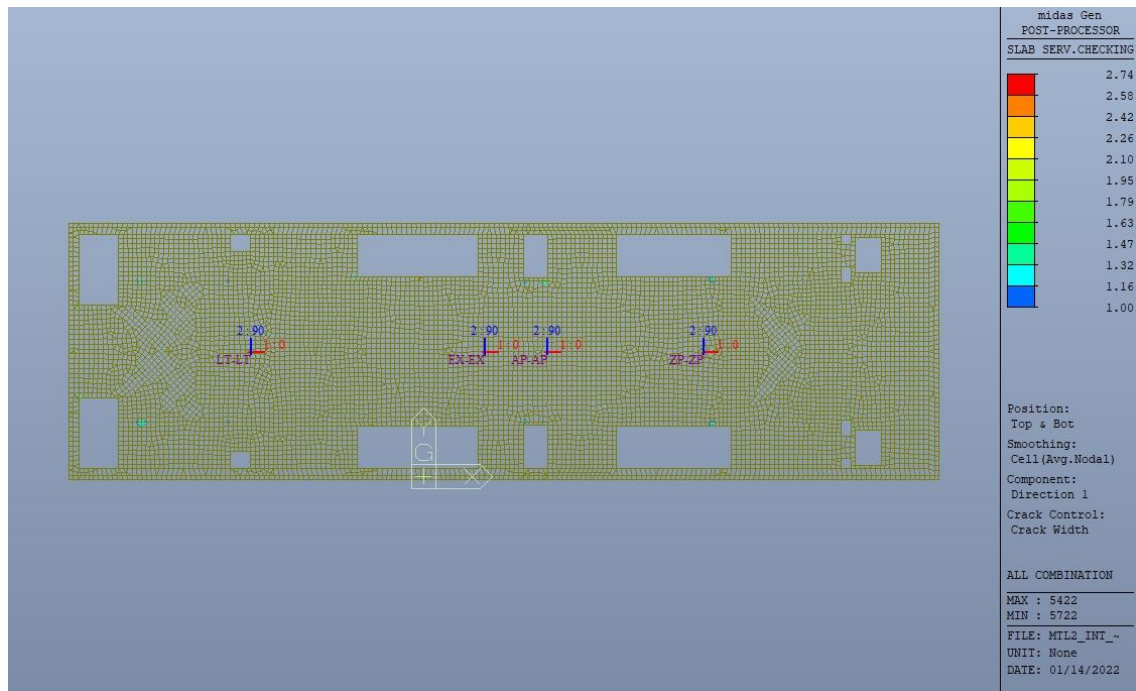


Figura 65. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1

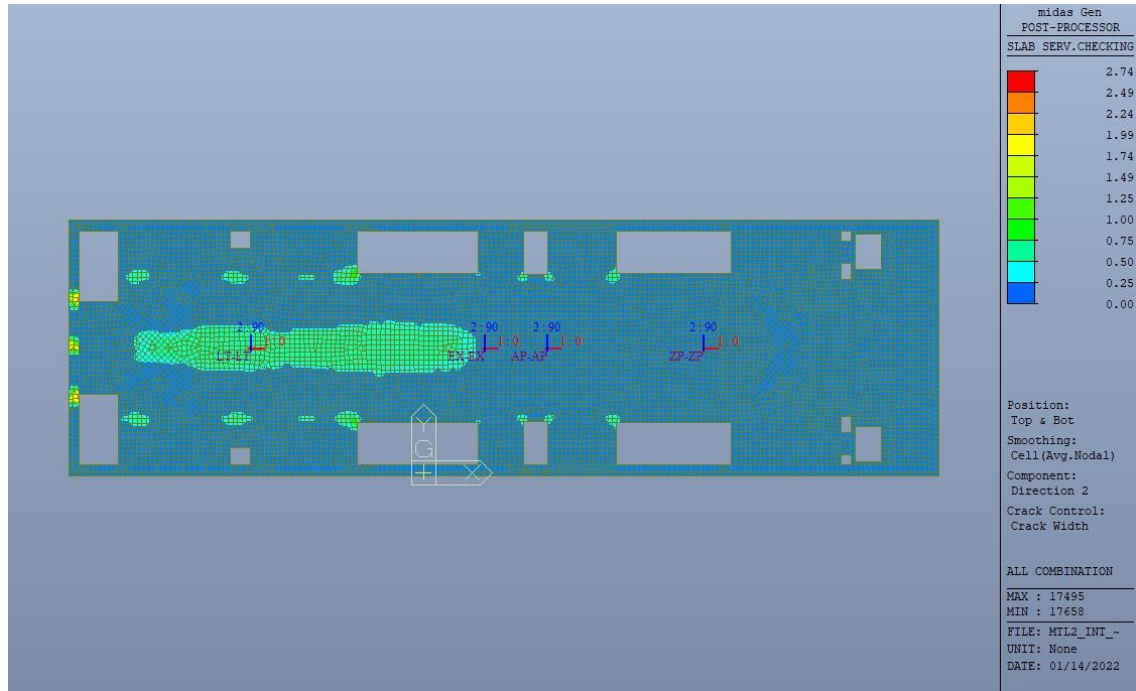


Figura 66. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2

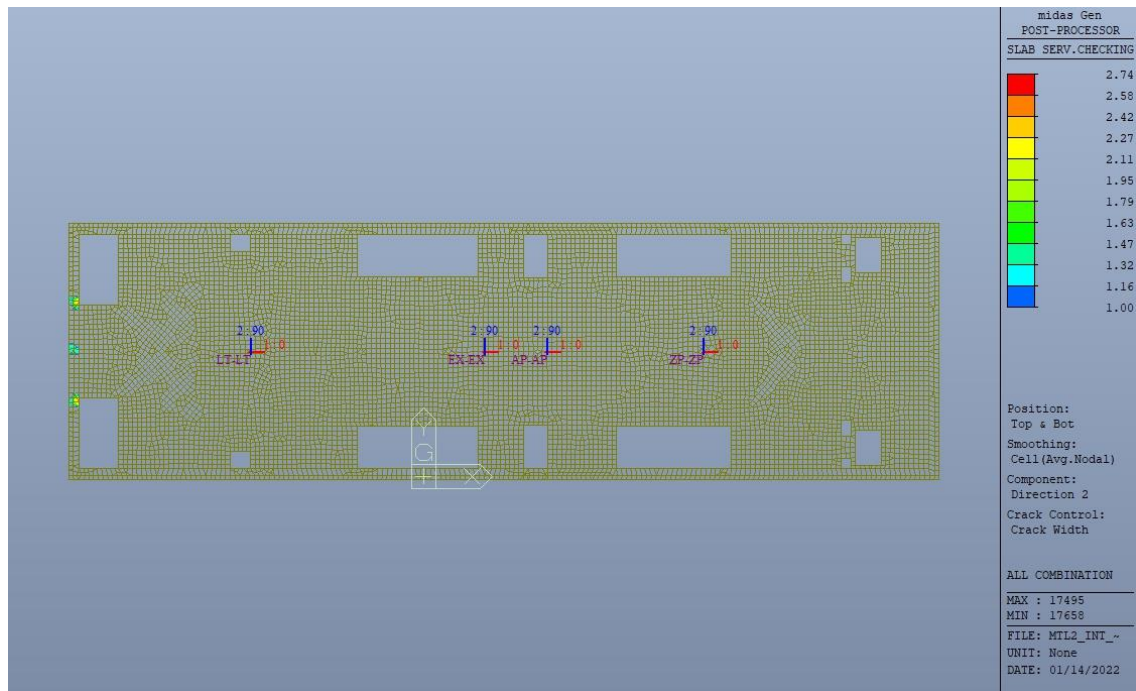


Figura 67. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni complessive del solettone di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

11.2.3 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.

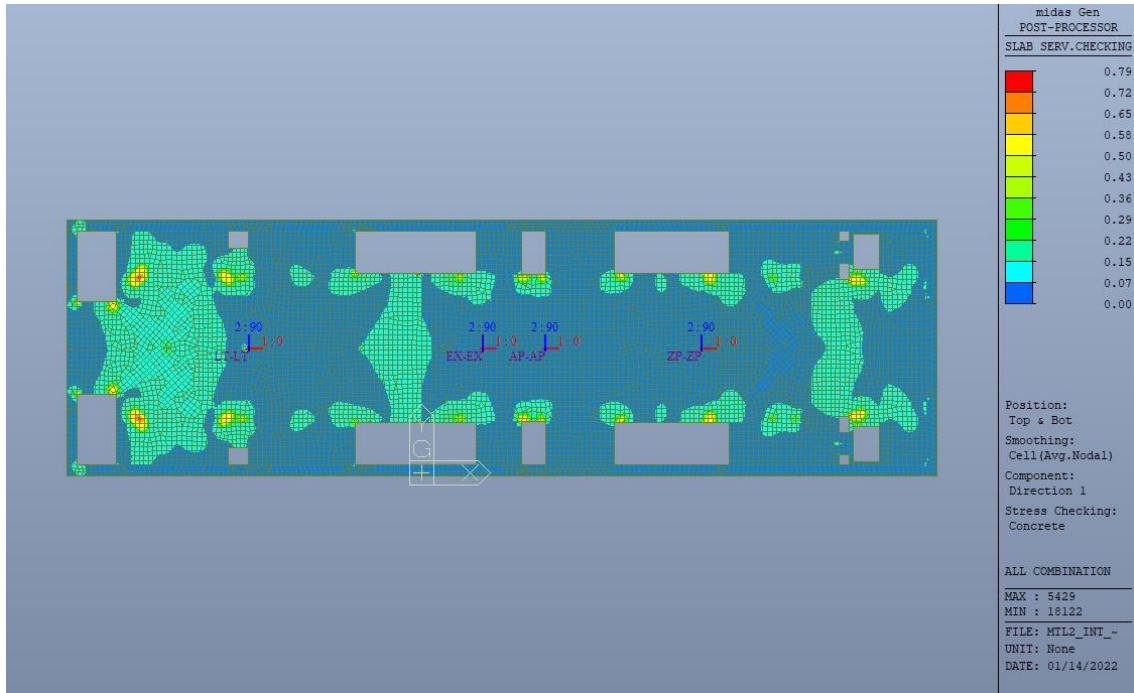


Figura 68. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1

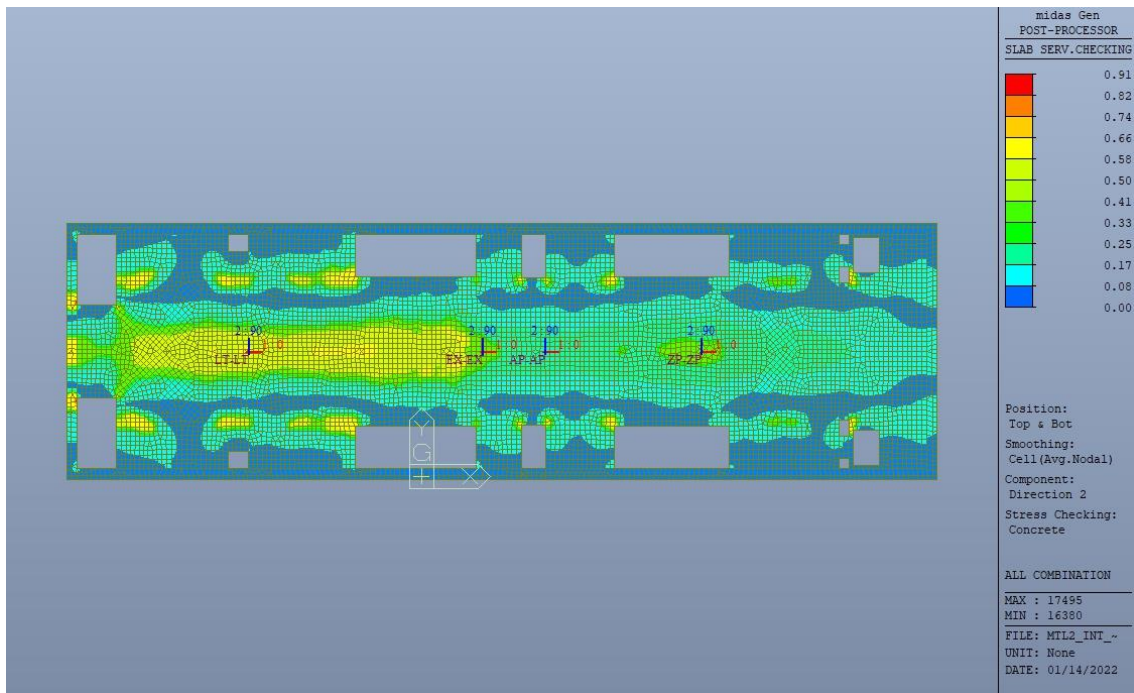


Figura 69. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2

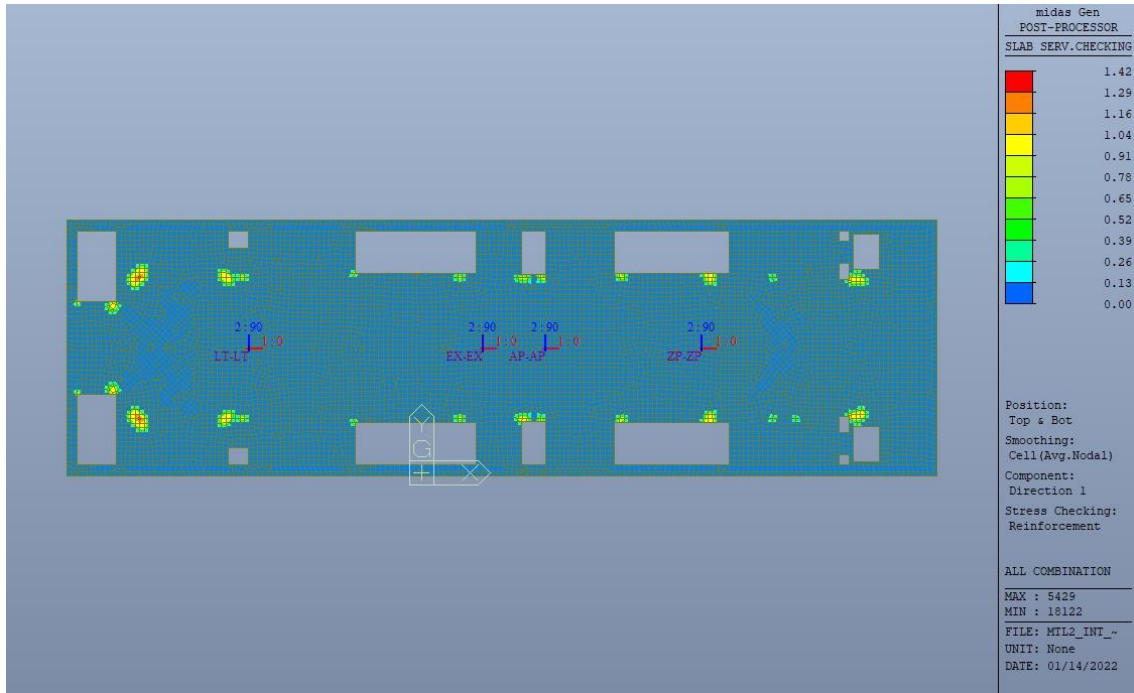


Figura 70. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1

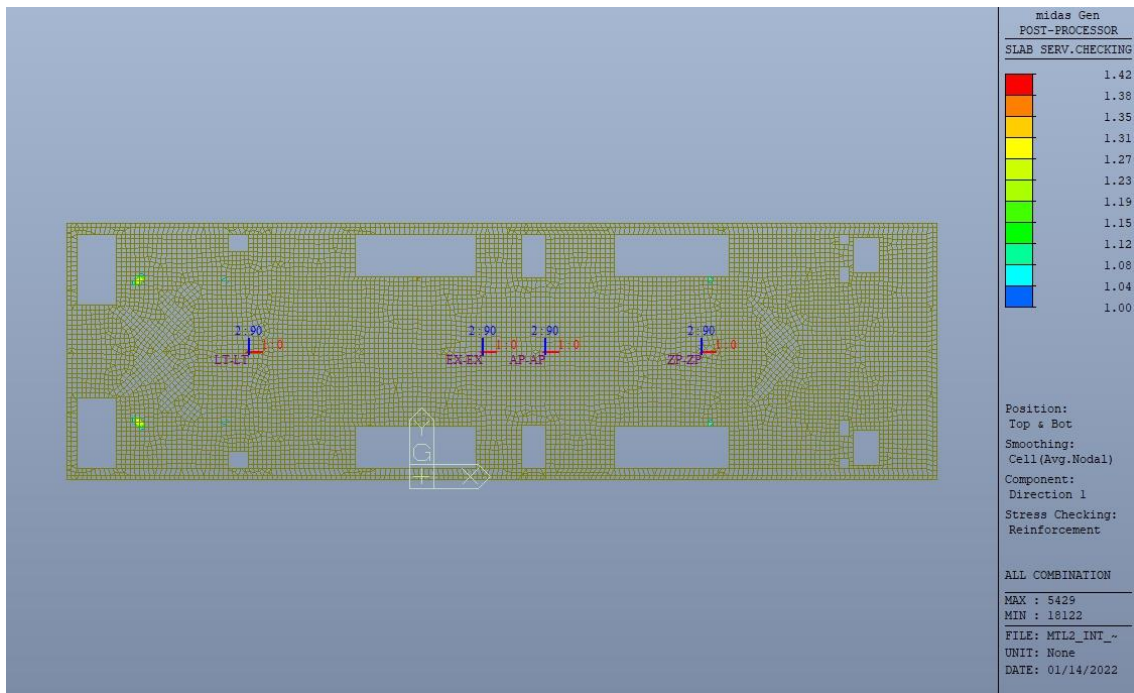


Figura 71. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1

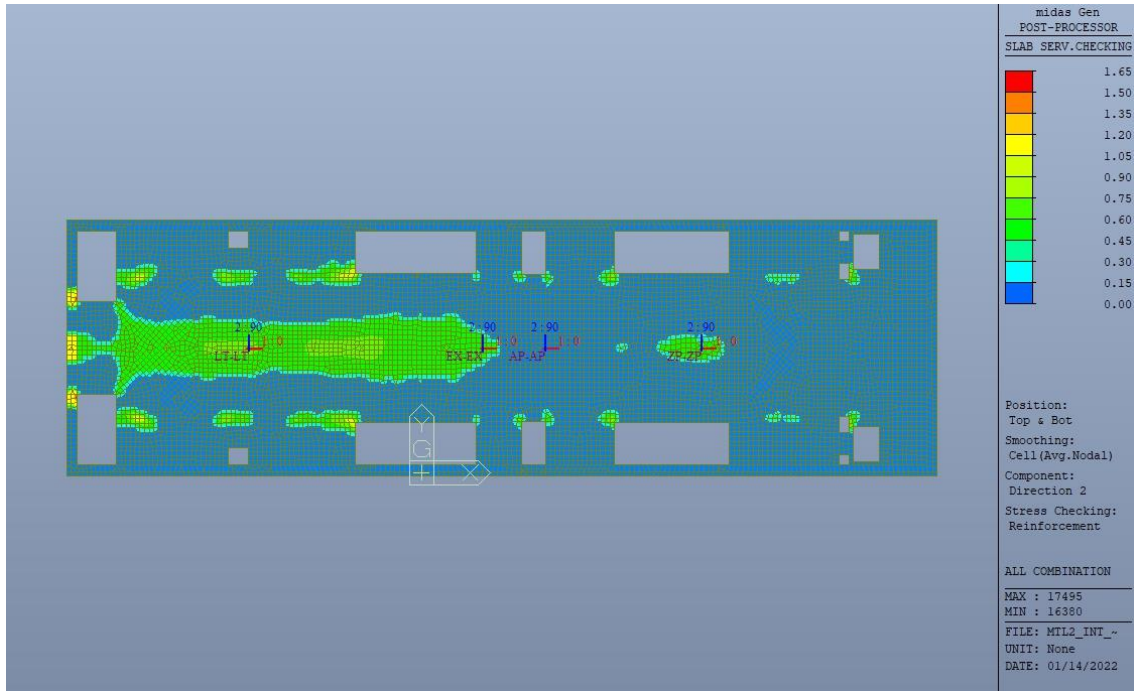


Figura 72. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2

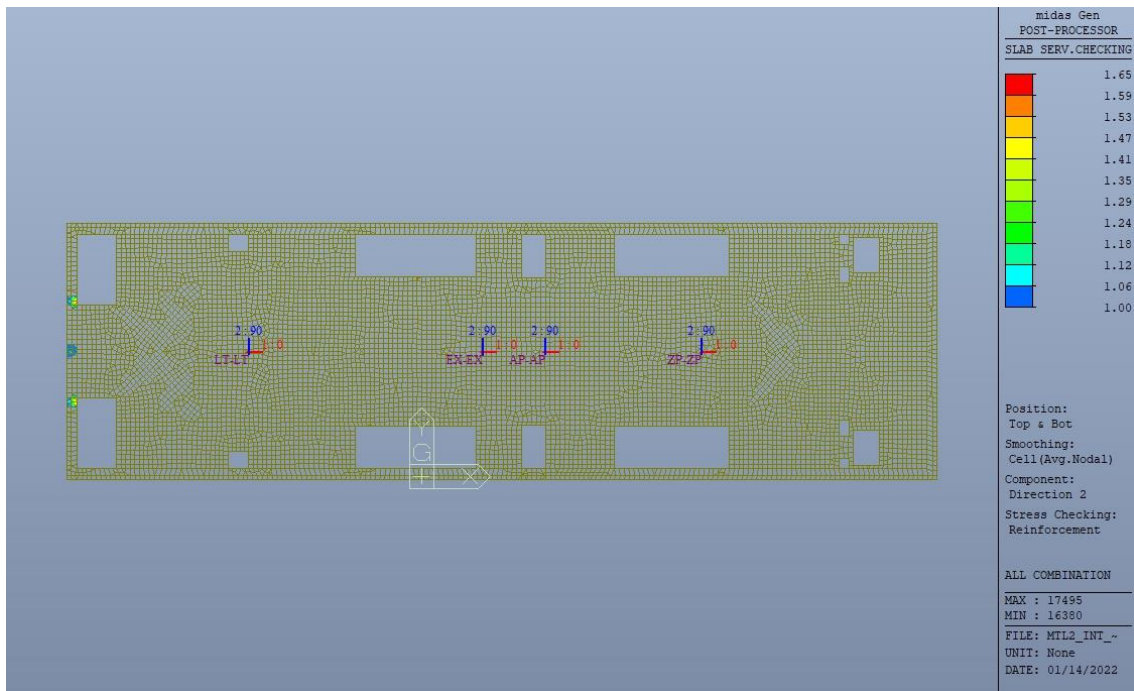


Figura 73. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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.

12. VERIFICA BANCHINA

12.1 Verifica Stati Limite Ultimi – SLU e 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.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

12.1.1 Sollecitazioni

Le immagini successive riportano gli involuppi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV nelle due direzioni X e Y.

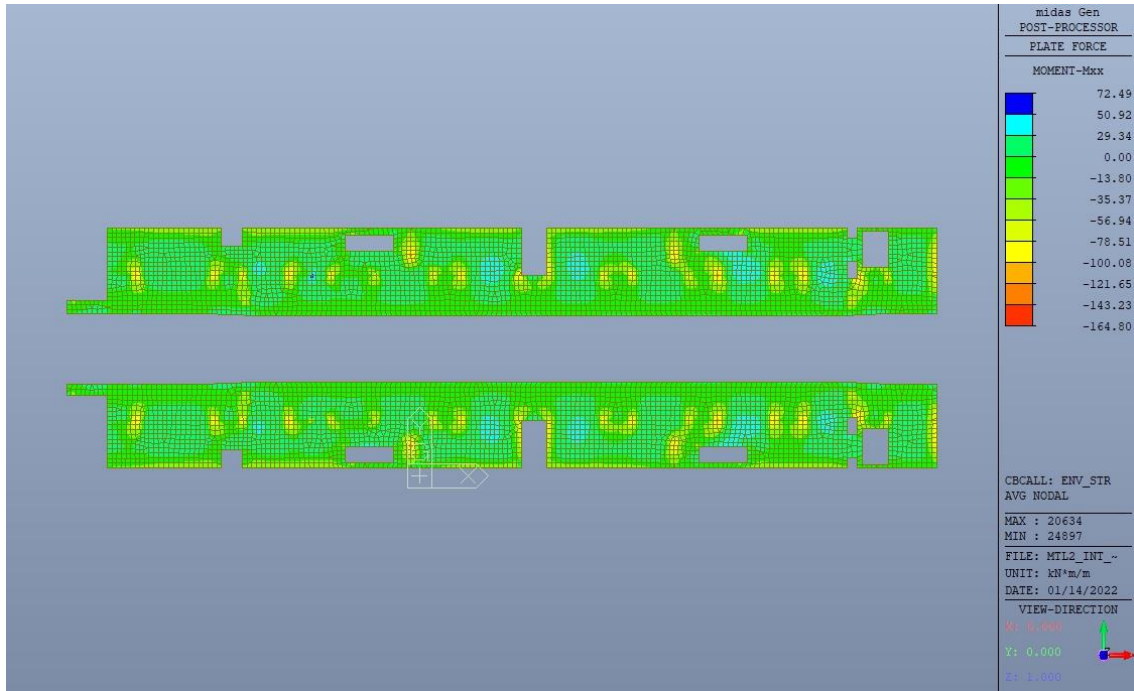


Figura 74. Banchina – Involuppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

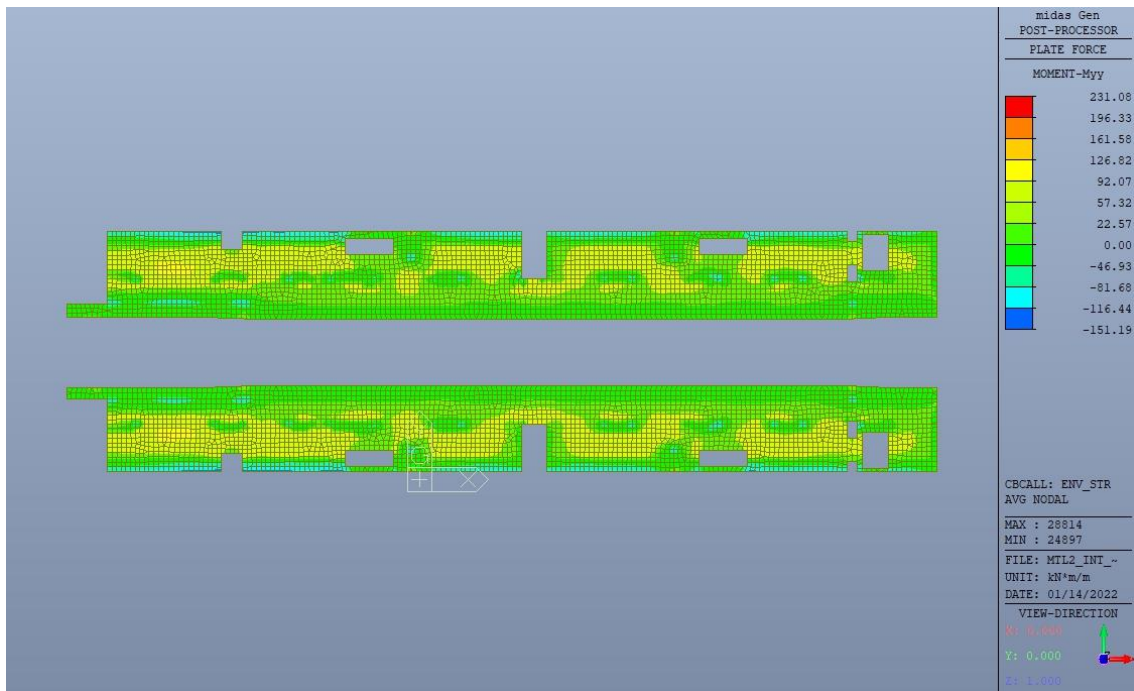


Figura 75. Banchina – Involuppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

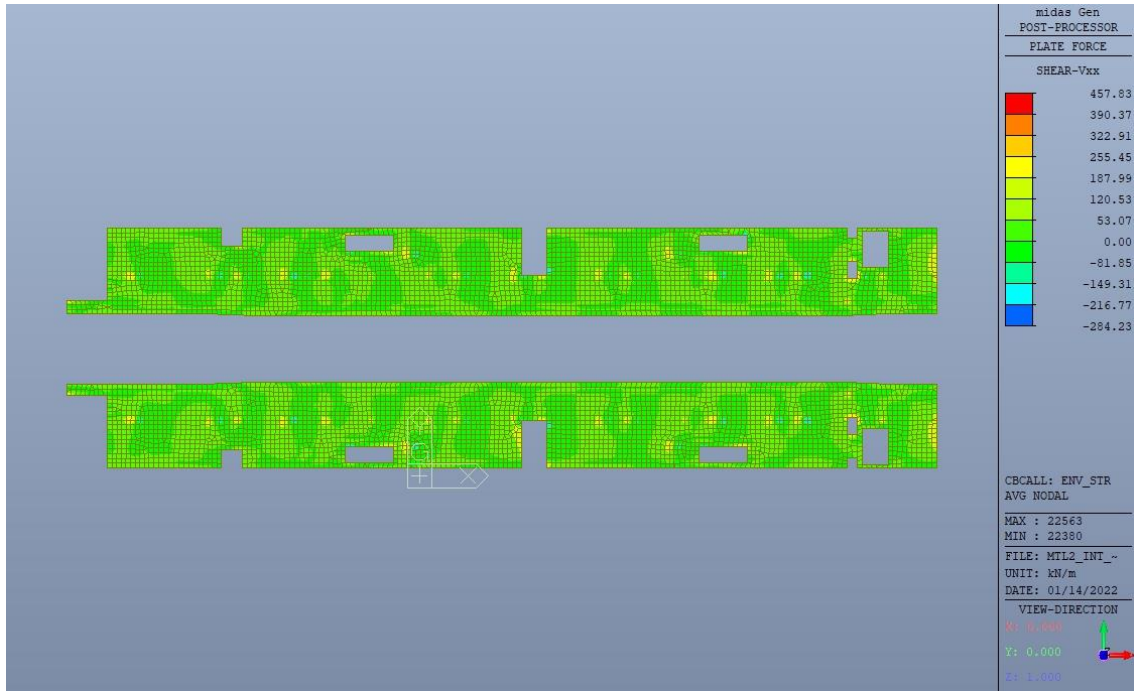


Figura 76. Banchina – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

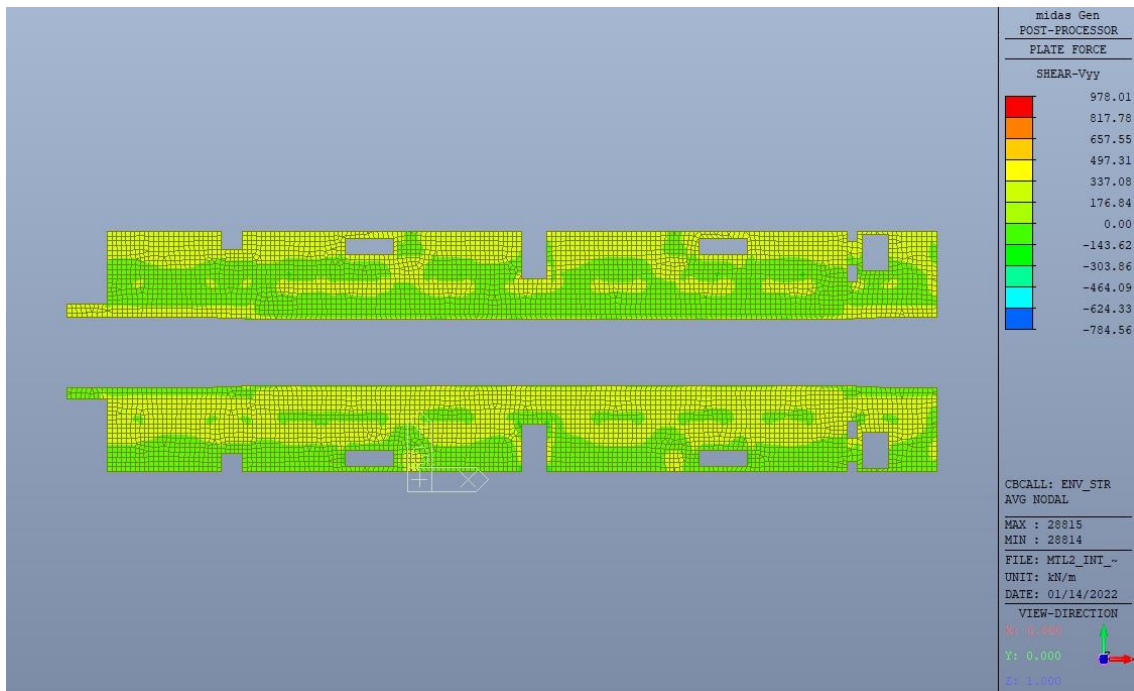


Figura 77. Banchina – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

12.1.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura longitudinale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per le travi pari a

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot h$$

dove:

- f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione del cls;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura;
- b_t è la larghezza media della zona tesa;
- h è l'altezza della sezione.

Tabella 28. Armatura minima

				D1 - TOP			D1 -BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Banchina H30	100	30	3000	5.65	5.02	OK	5.65	5.02	OK
				D2 - TOP			D2 -BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Banchina H30	100	30	3000	5.65	5.02	OK	10.05	5.02	OK

Nelle immagini seguenti sono riportate le armature superiori e inferiori nelle due direzioni D1 e D2.



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

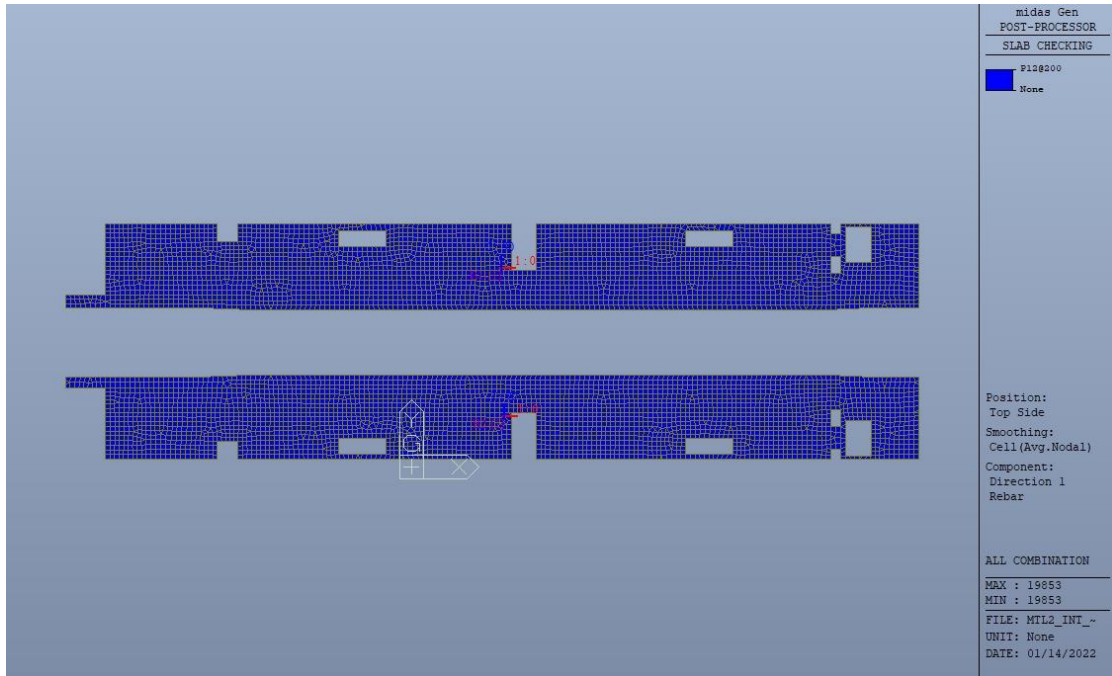


Figura 78. Banchina – Armatura superiore direzione D1

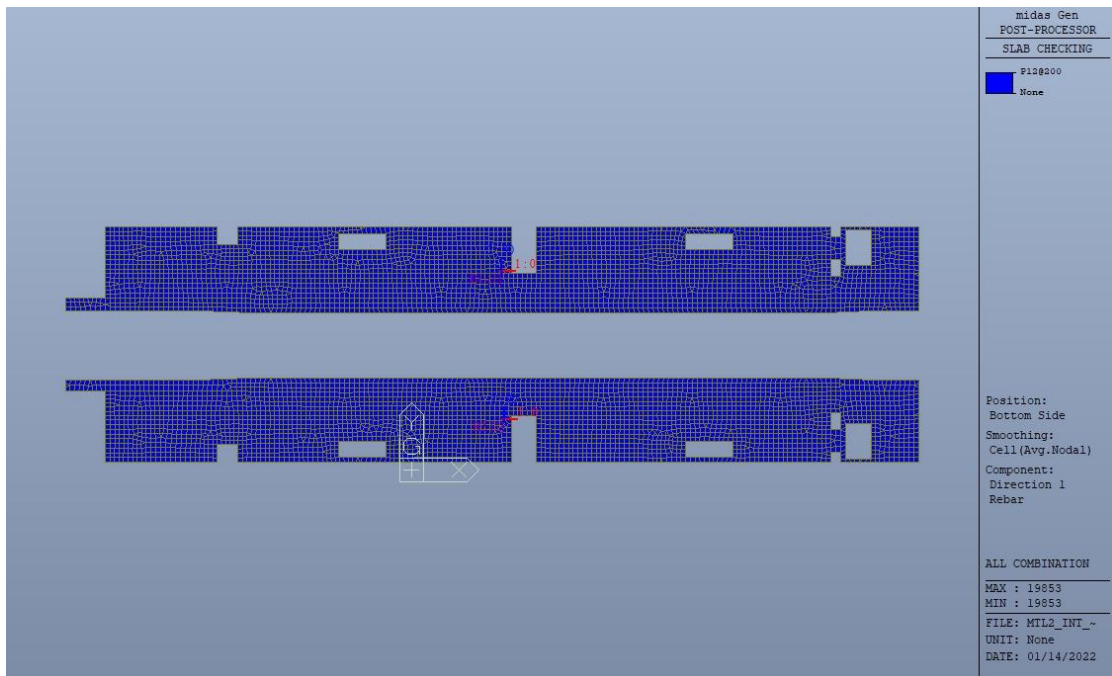


Figura 79. Banchina – Armatura inferiore direzione D1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

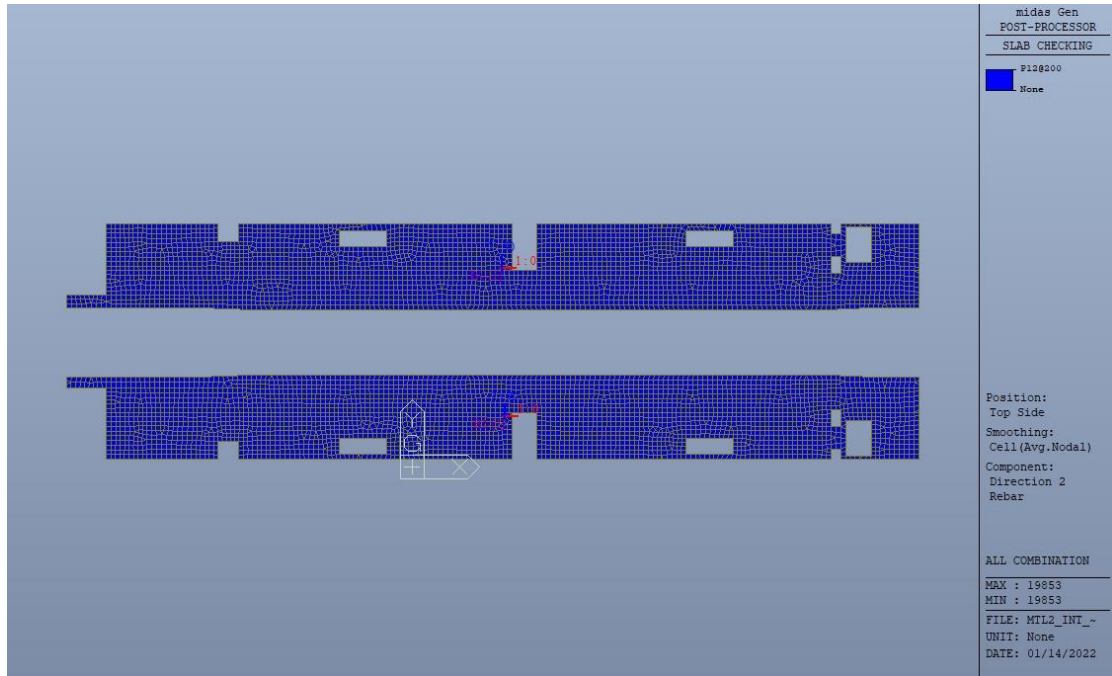


Figura 80. Banchina – Armatura superiore direzione D2

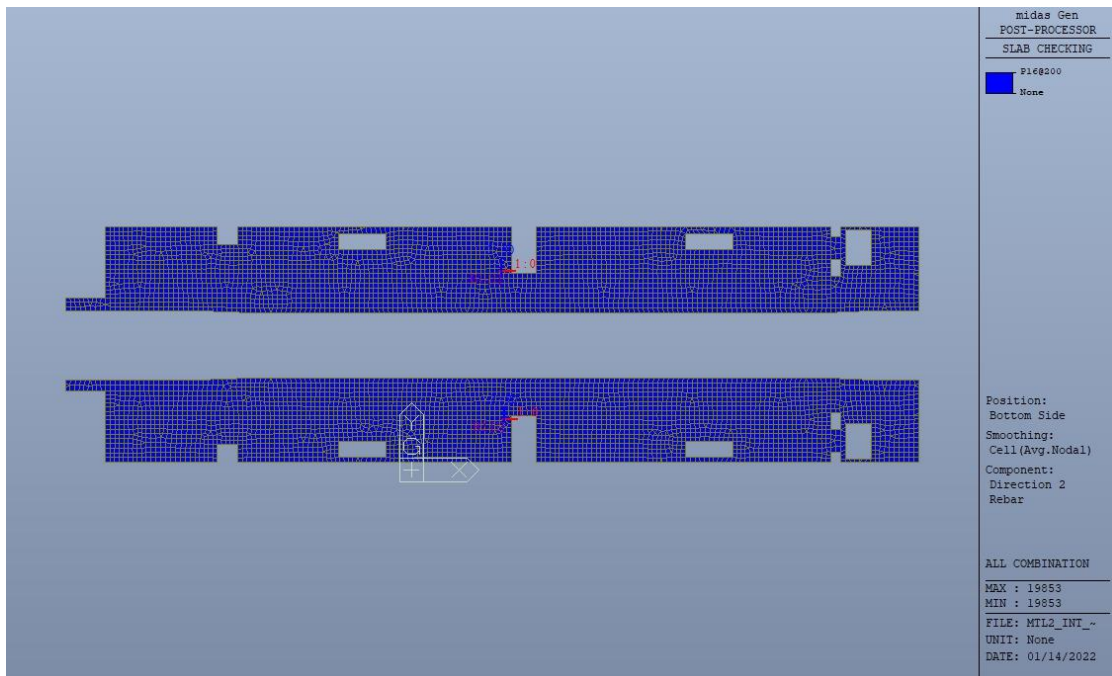


Figura 81. Banchina – Armatura inferiore direzione D2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali nelle due direzioni D1 e D2 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 Corelli

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

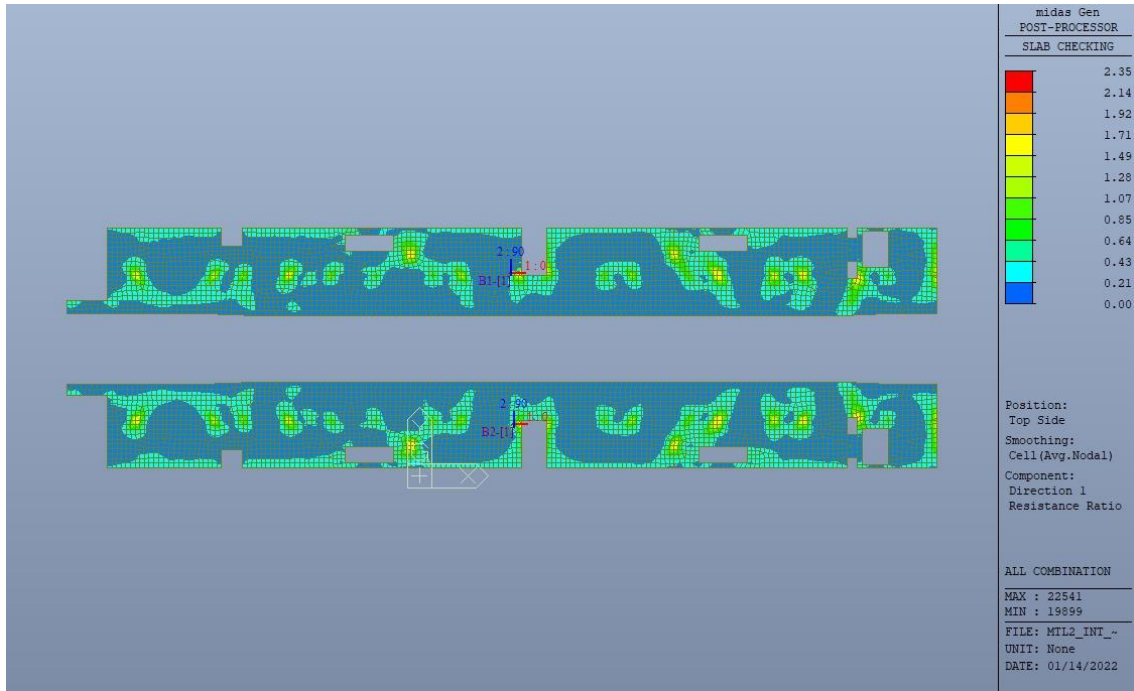


Figura 82. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1

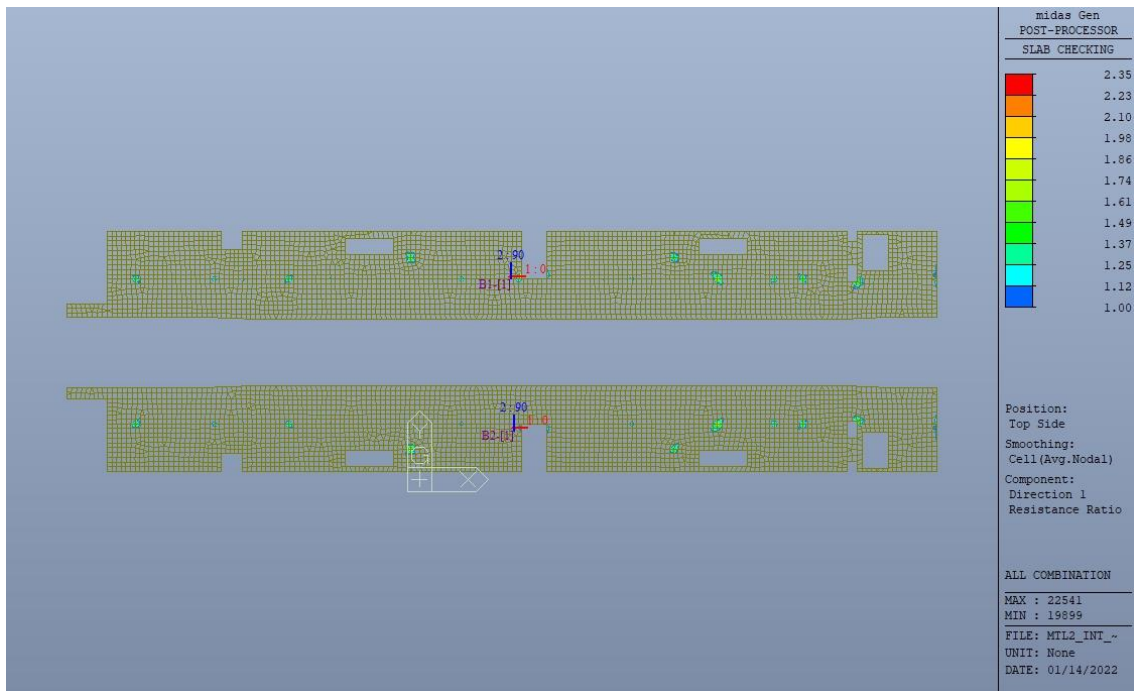


Figura 83. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1

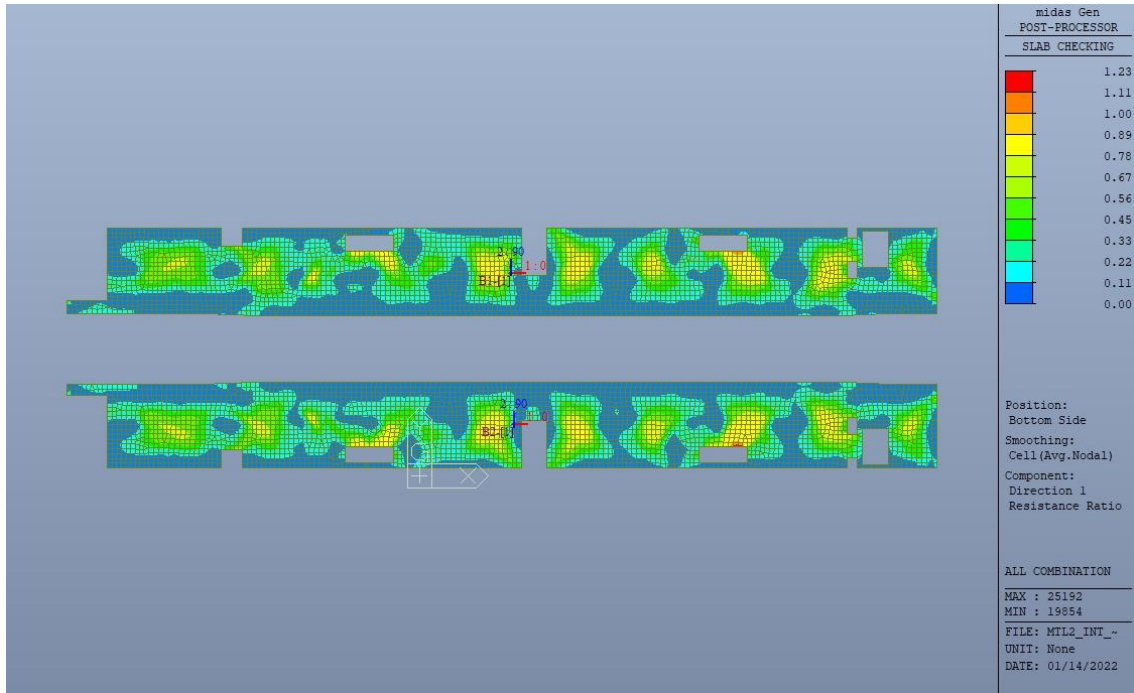


Figura 84. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1

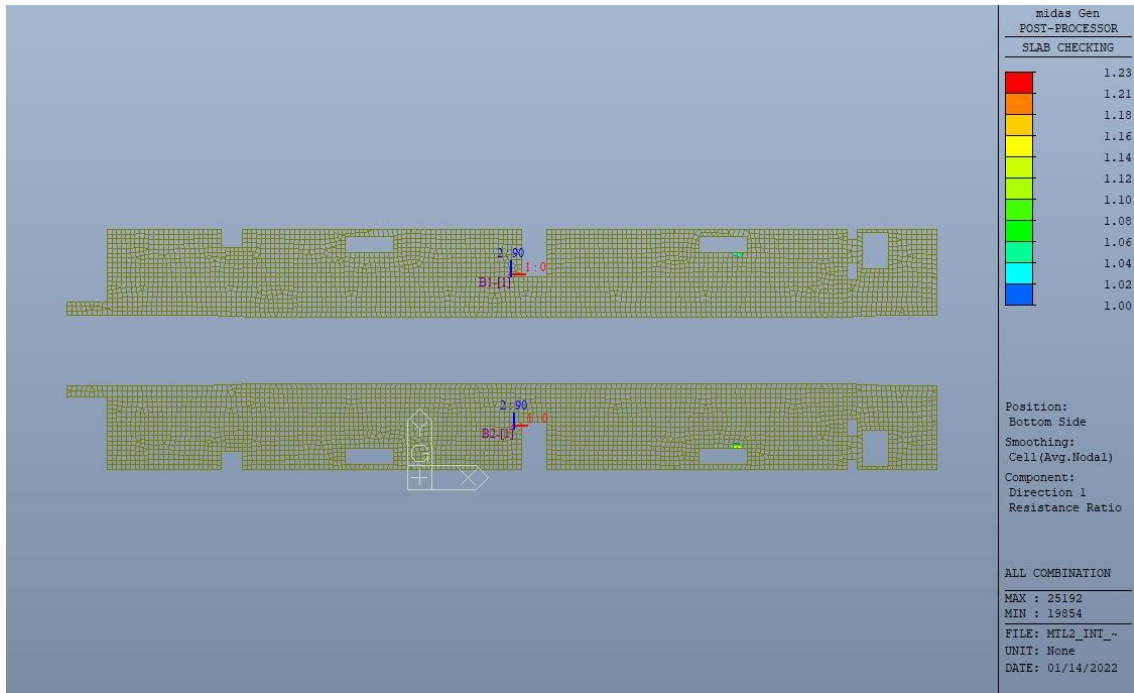


Figura 85. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1

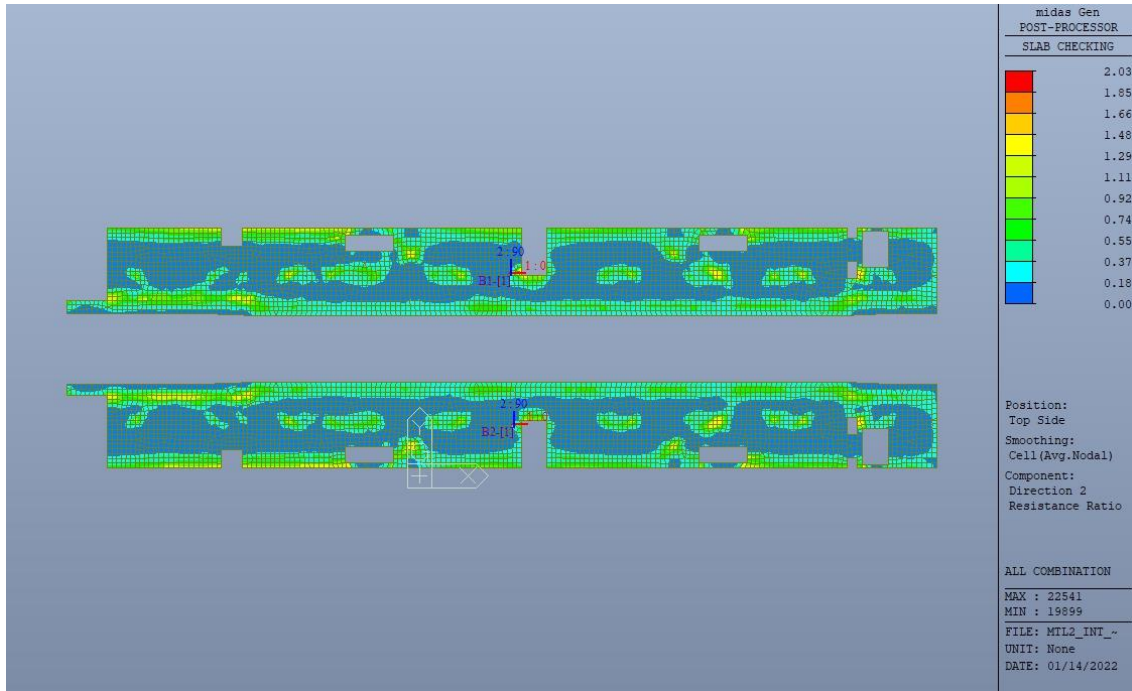


Figura 86. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2

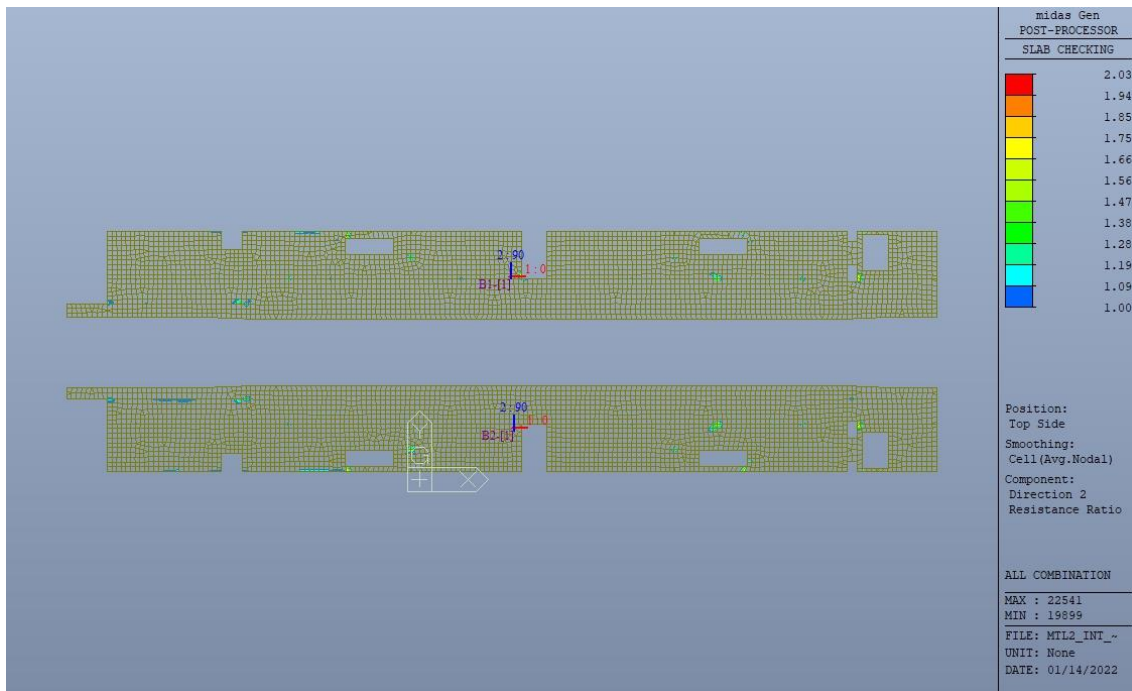


Figura 87. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1

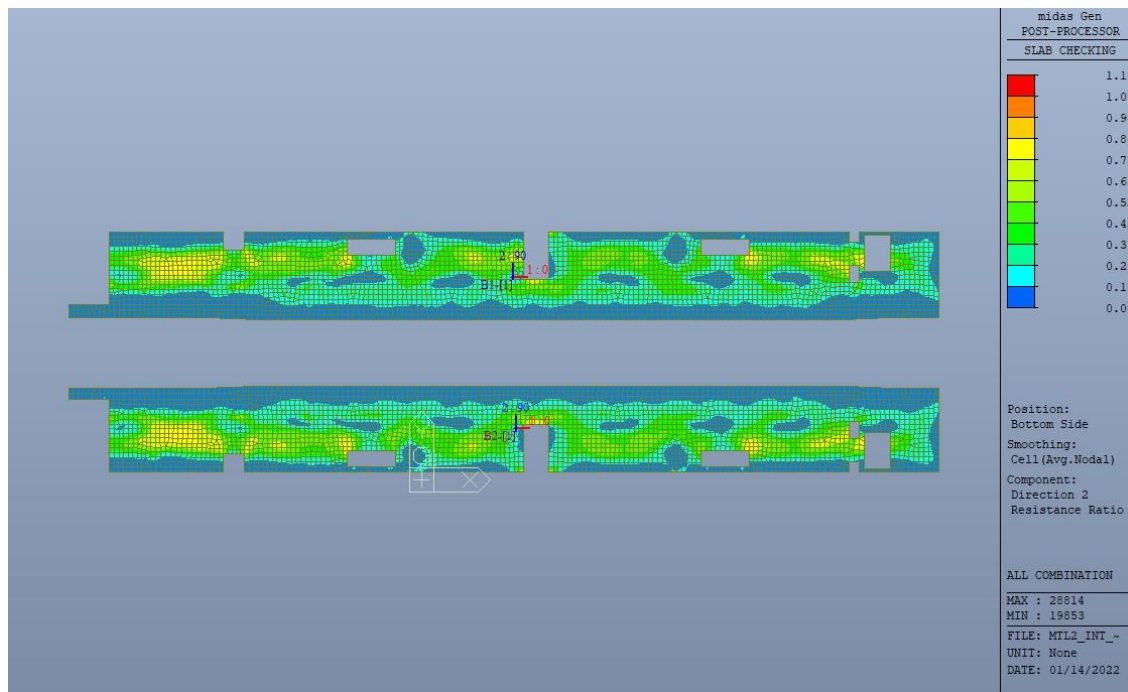


Figura 88. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2

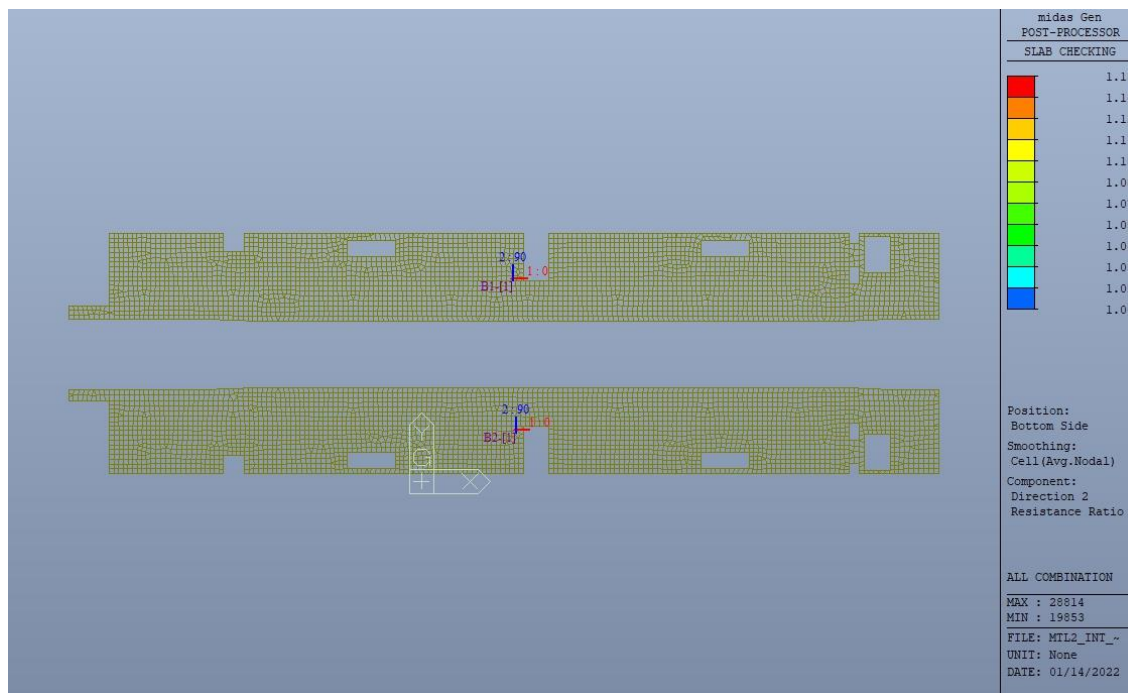


Figura 89. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

Resistenza a taglio di progetto in direzione X e Y – valore per unità di lunghezza.

Tabella 29. Verifica a taglio - Banchina

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	1000	mm	copriferro
d	300	mm	altezza utile sezione
k	1.89		
ρ_1	0.23%		rapporto geometrico di armatura longitudinale
v_{min}	0.506		
V_{Rd}	104.41	kN	
$V_{Rd,min}$	126.43	kN	
$V_{Rd,c}$	126.43	kN	resistenza a taglio NO armatura
NB	5		numero bracci
D	8	mm	diametro armatura a taglio
A_b	0.50	cm ²	area barra armatura a taglio
A_{st}	1.25	cm ²	area complessiva staffe
st	400	mm	passo staffe
γ_s	1.15		
α	90	°	
cotg teta	1		
V_{Rsd}	27.51	kN	resistenza di progetto a taglio - lato acciaio
α_c	1		
v	0.5		
f_{cd}	17.40	N/mm ²	
V_{Rcd}	978.88	kN	resistenza di progetto a taglio - lato calcestruzzo
VRd	27.51	kN	resistenza a taglio CON 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 banchina per entrambe le direzioni, fatta eccezione per zone localizzate e in numero ridotto.

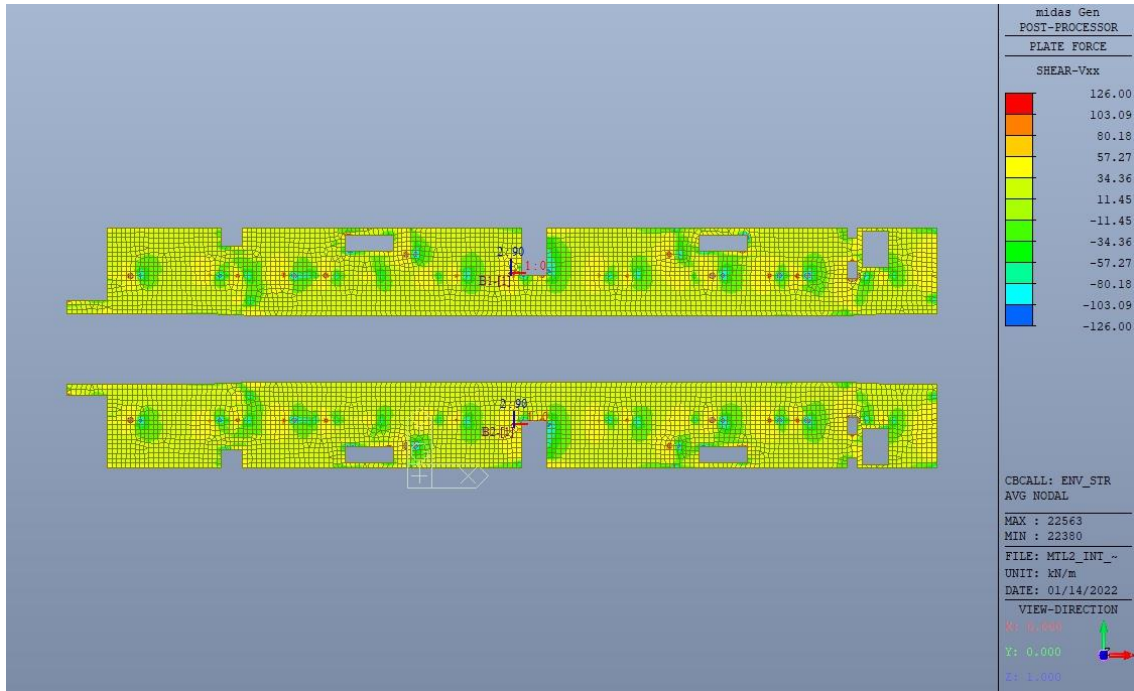


Figura 90. Resistenza a taglio Direzione X

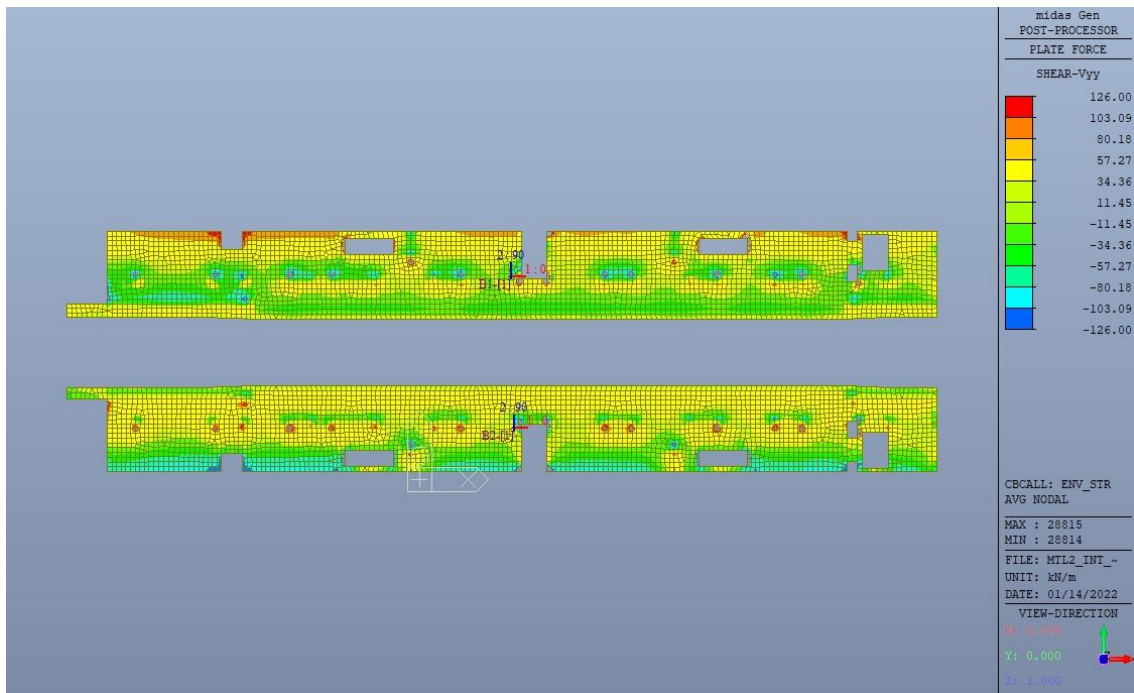


Figura 91. Resistenza a taglio Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

12.2 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

12.2.1 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.

$L = 7.50 \text{ m}$ (tra travi rialzate interne)

$\delta_{\max} = 30\text{mm}$

Di seguito si riporta la deformata calcolata, a favore di sicurezza, in condizione di creep (effetti a lungo termine dovuti al fluage) con un modulo elastico del cls E_c ridotto di un valore pari a 2.75.

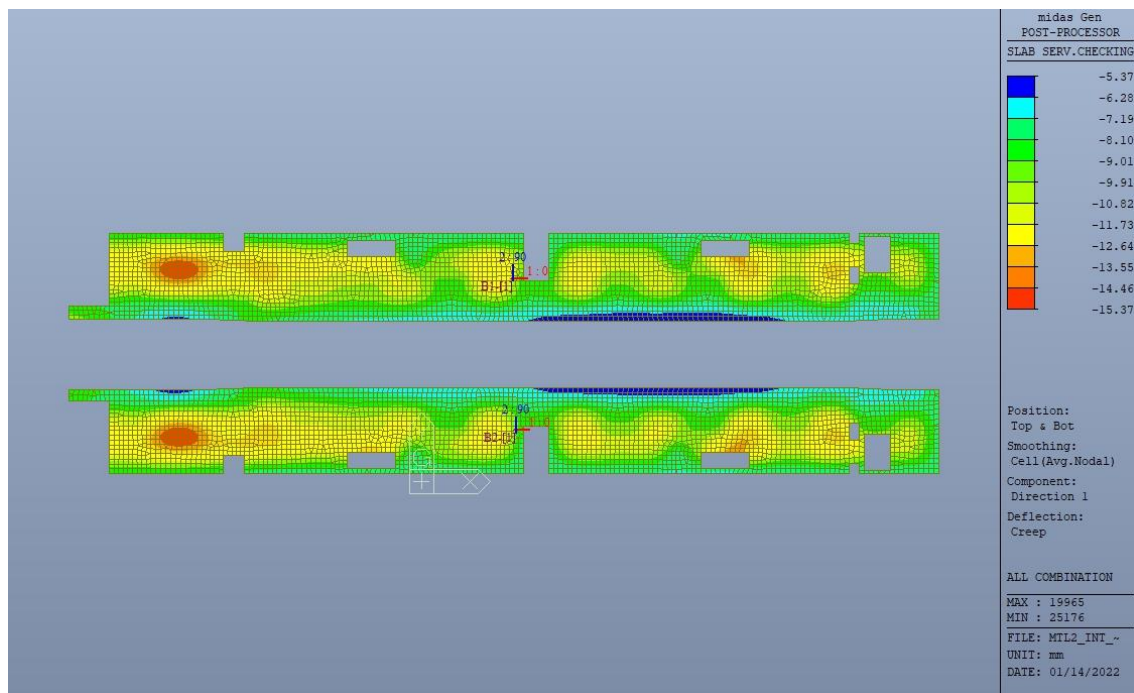


Figura 92. Massima deformazione – Sezione fessurata

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Il massimo valore dell'abbassamento in combinazione RARA è pari a 15.35mm, inferiore al valore massimo e compatibile con le prestazioni richieste.

La verifica è soddisfatta.

12.2.2 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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (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 Corelli

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

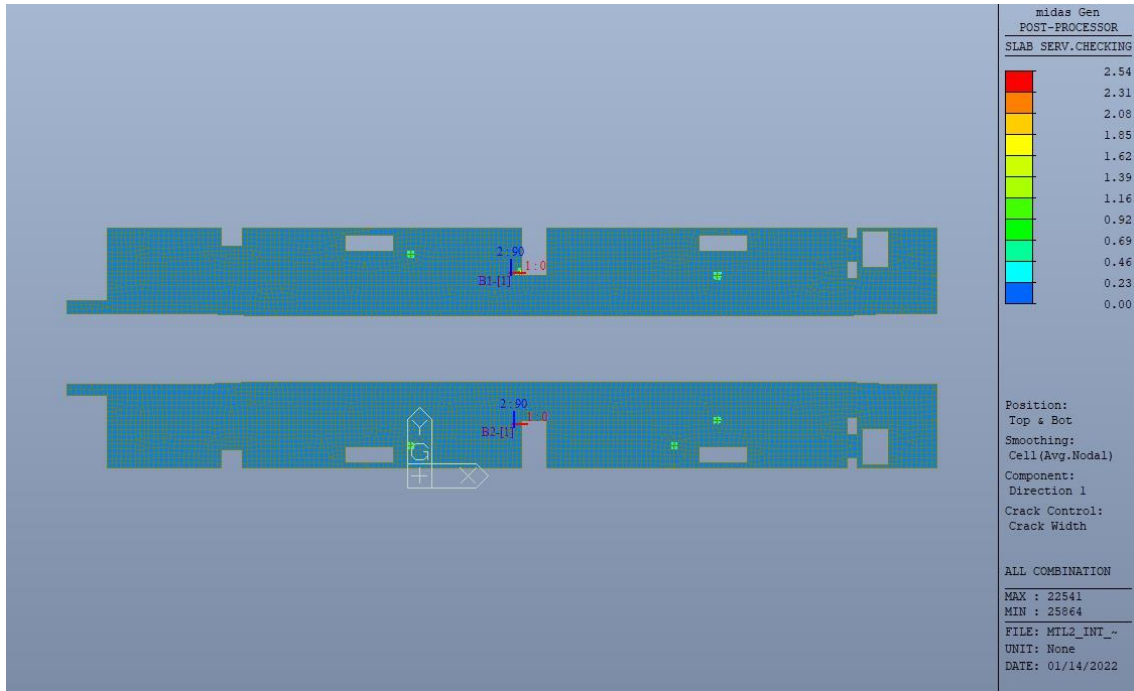


Figura 93. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1

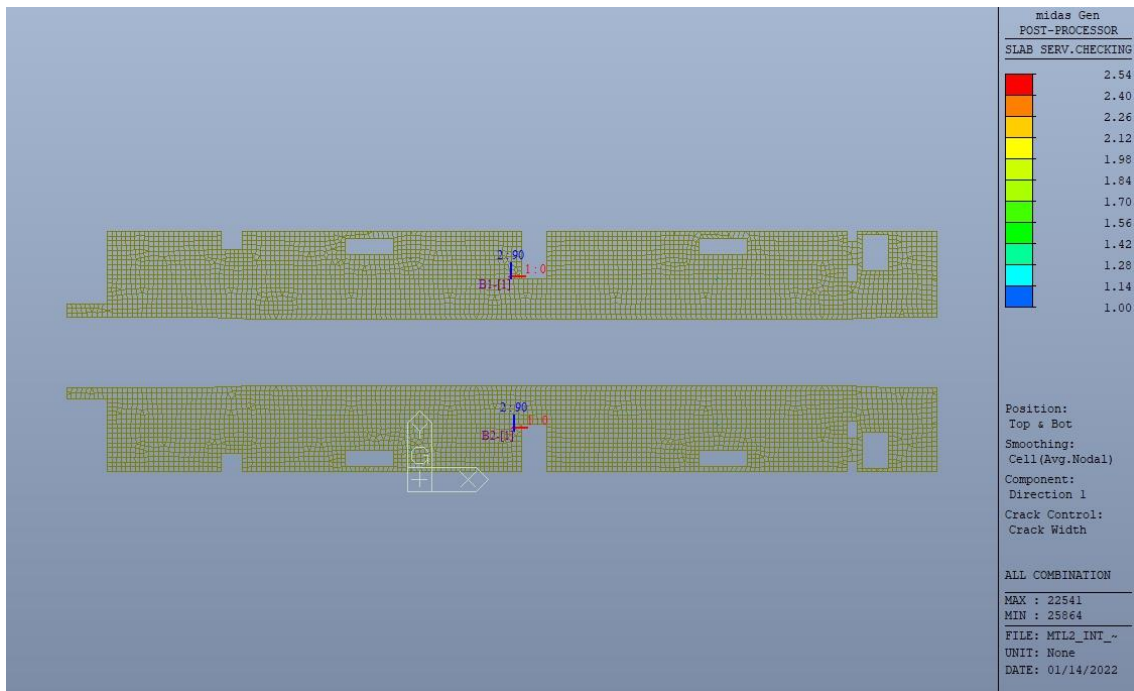


Figura 94. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

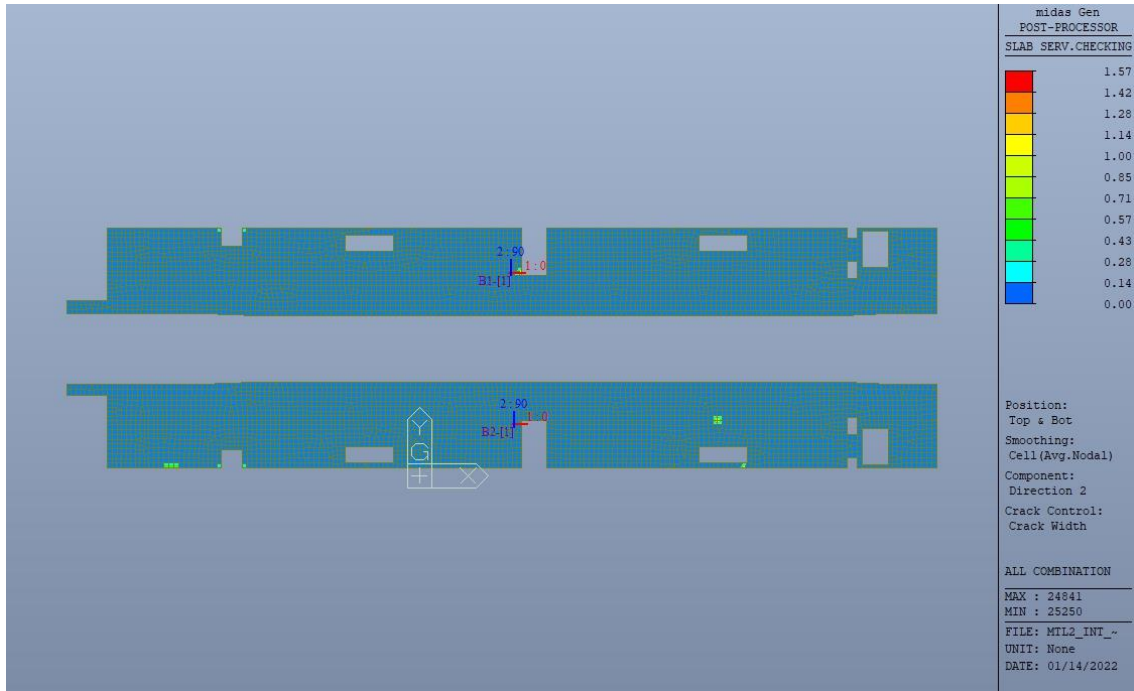


Figura 95. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2

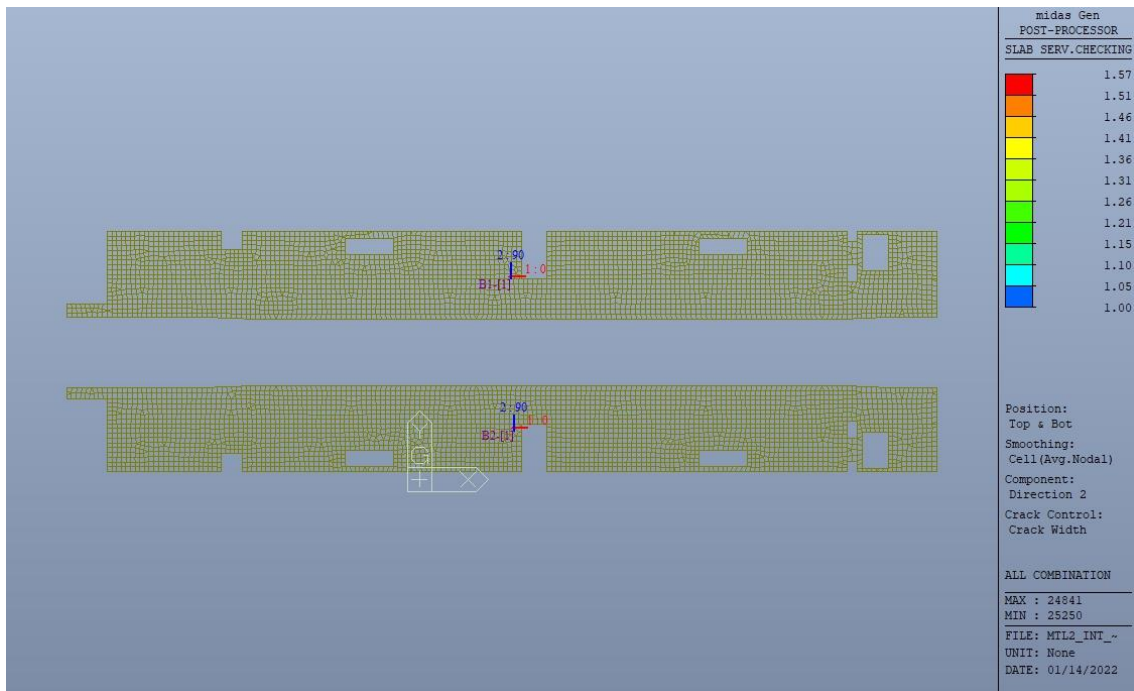


Figura 96. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni complessive del solettone di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

12.2.3 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.

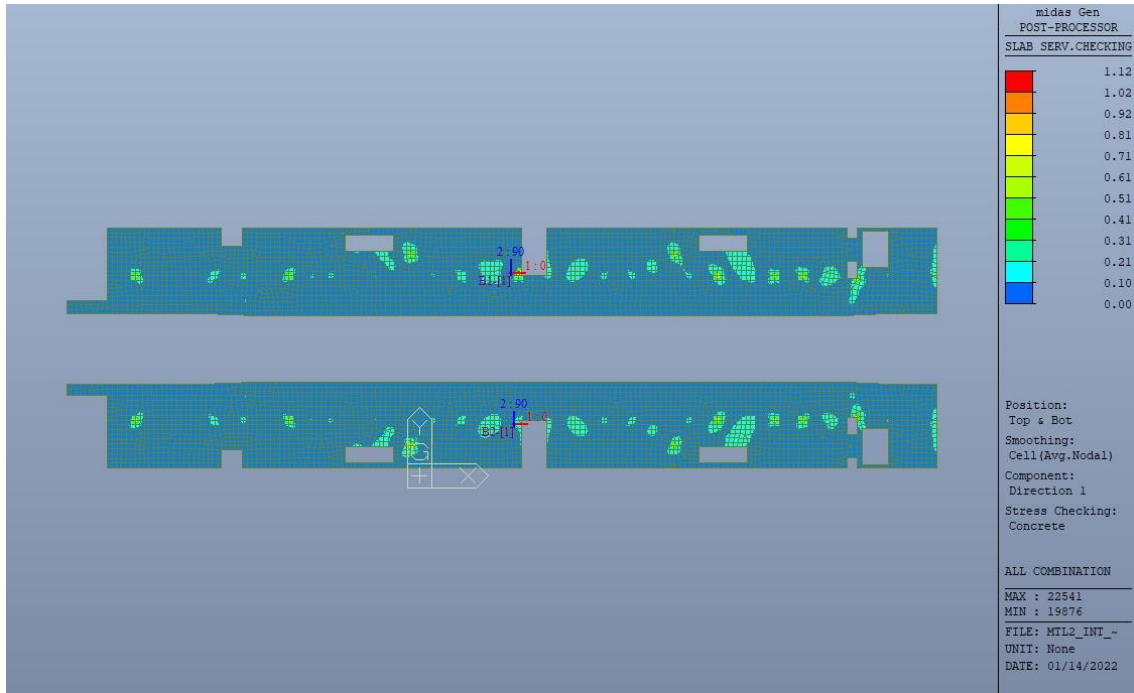


Figura 97. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1

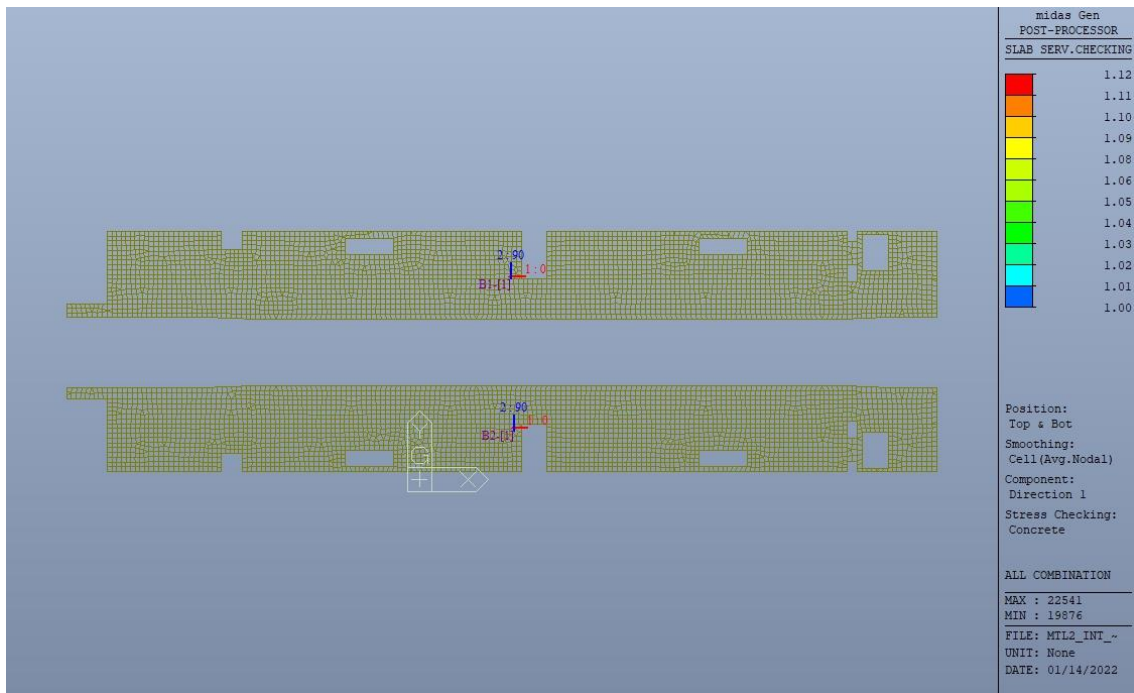


Figura 98. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

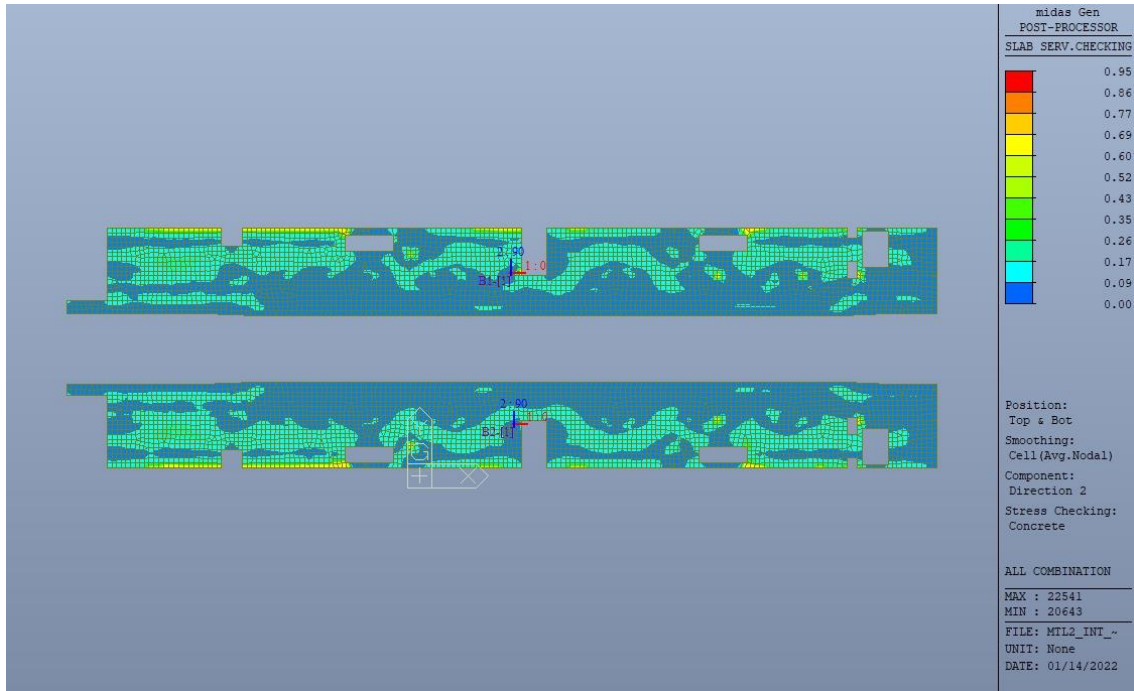


Figura 99. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2

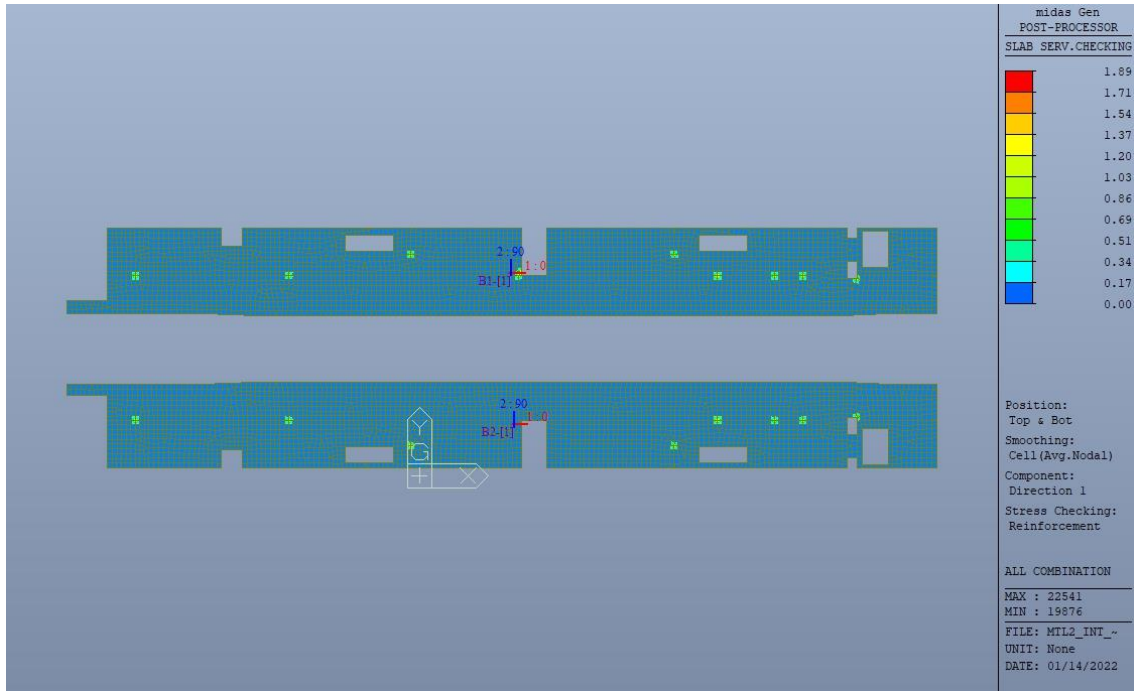


Figura 100. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1

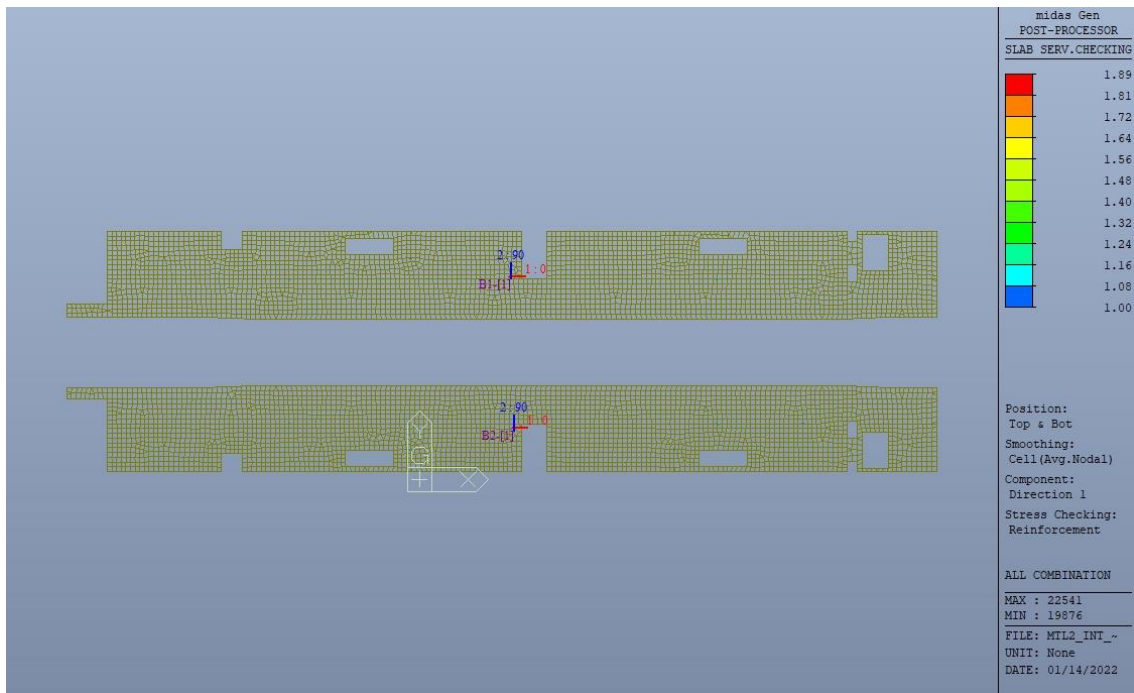


Figura 101. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1

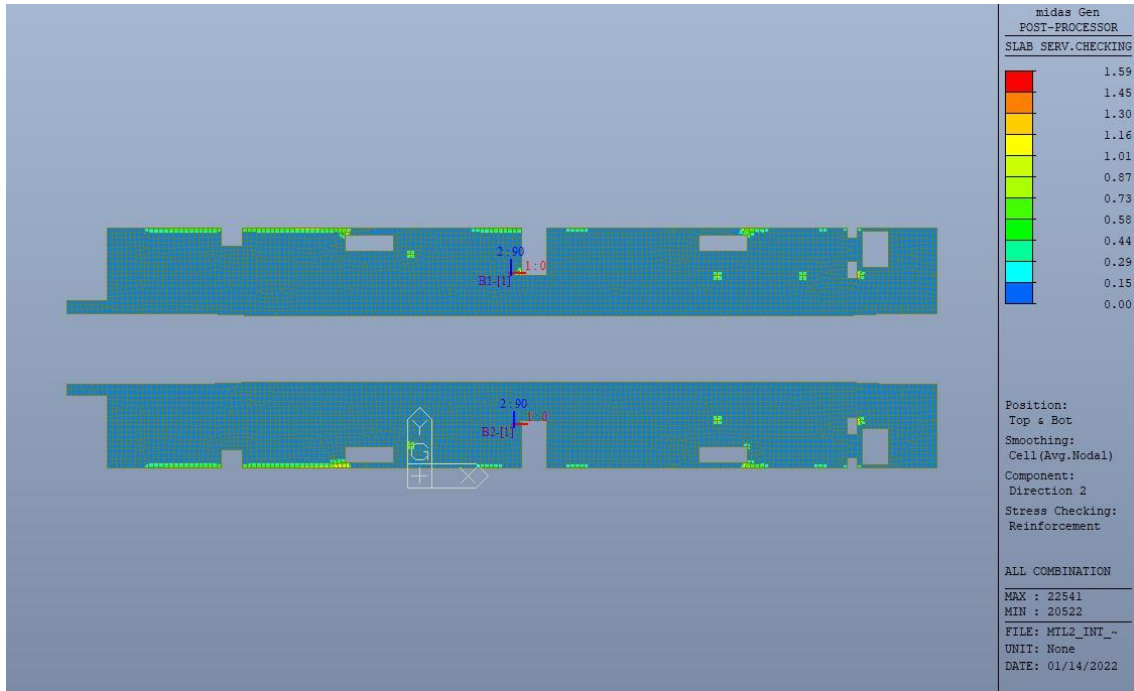


Figura 102. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2

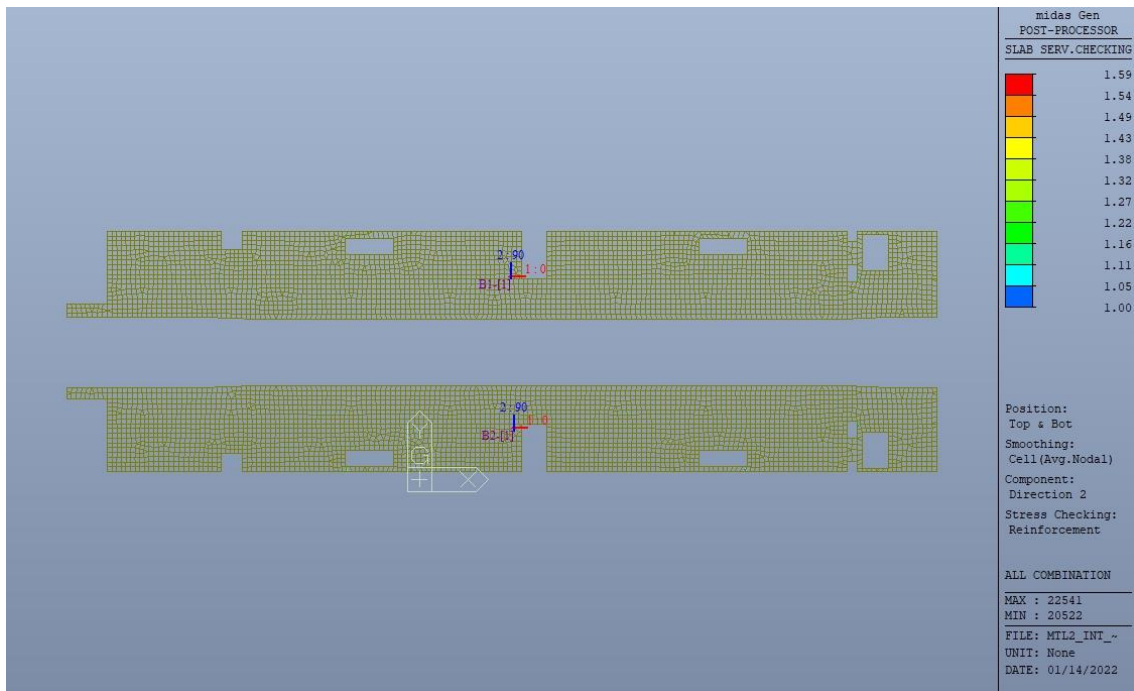


Figura 103. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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.

13. VERIFICA PLATEA

13.1 Verifica Stati Limite Ultimi – SLU e 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.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

13.1.1 Sollecitazioni

Le immagini successive riportano gli involuipi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV nelle due direzioni X e Y.

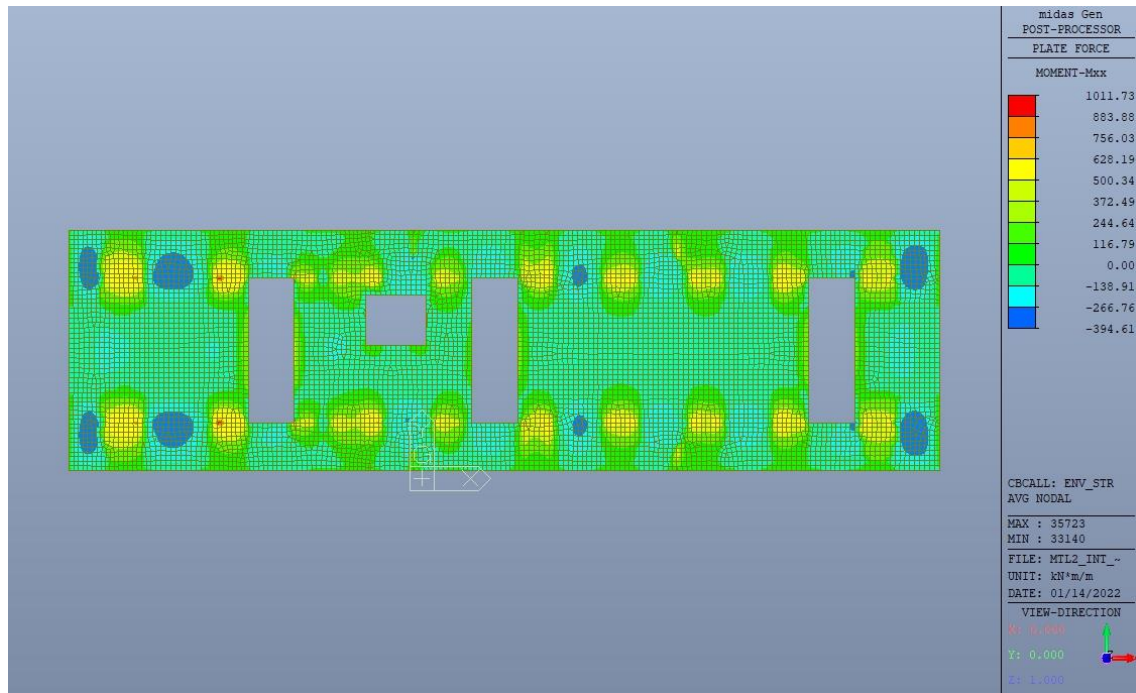


Figura 104. Banchina – Involuppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

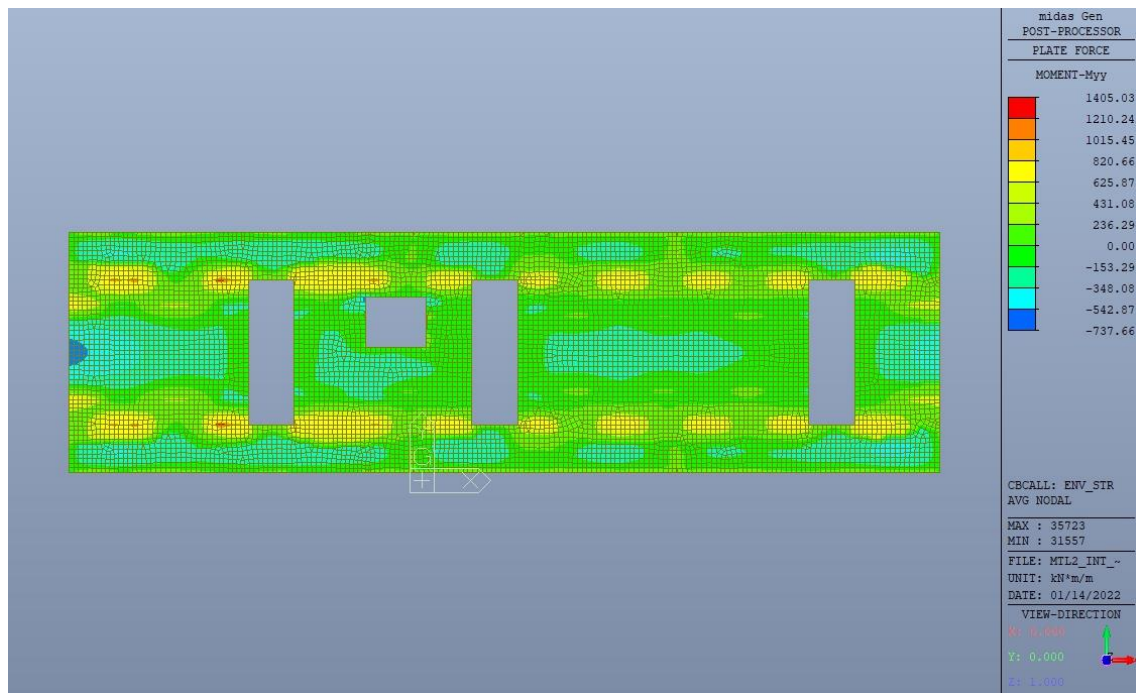


Figura 105. Banchina – Involuppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y

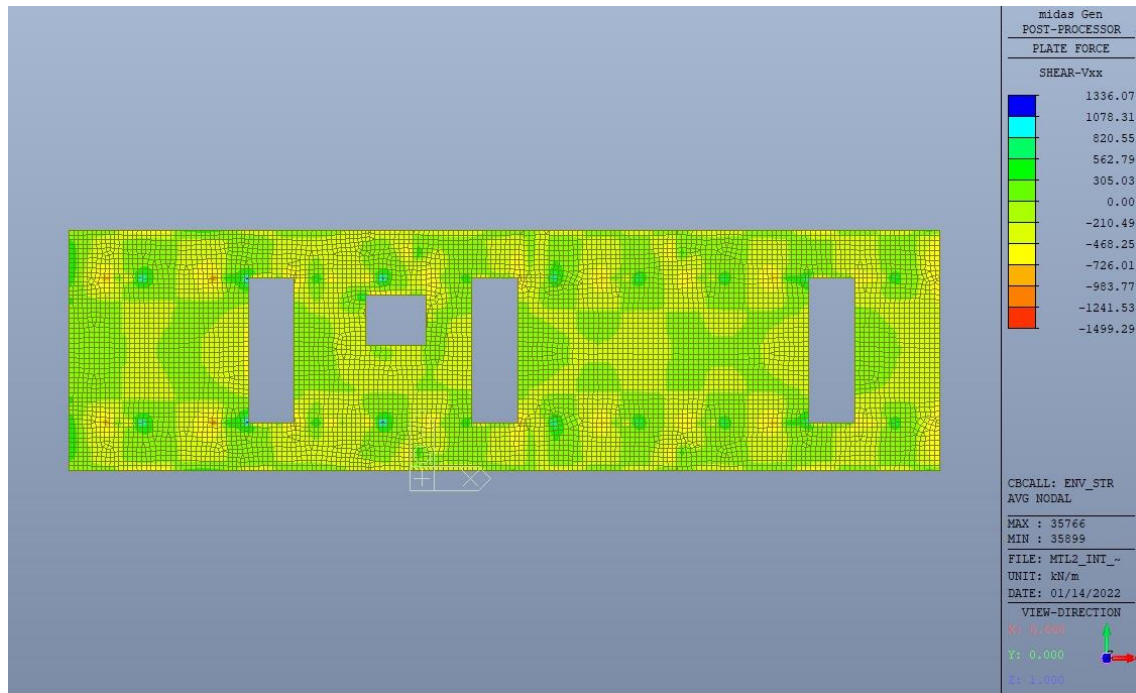


Figura 106. Banchina – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

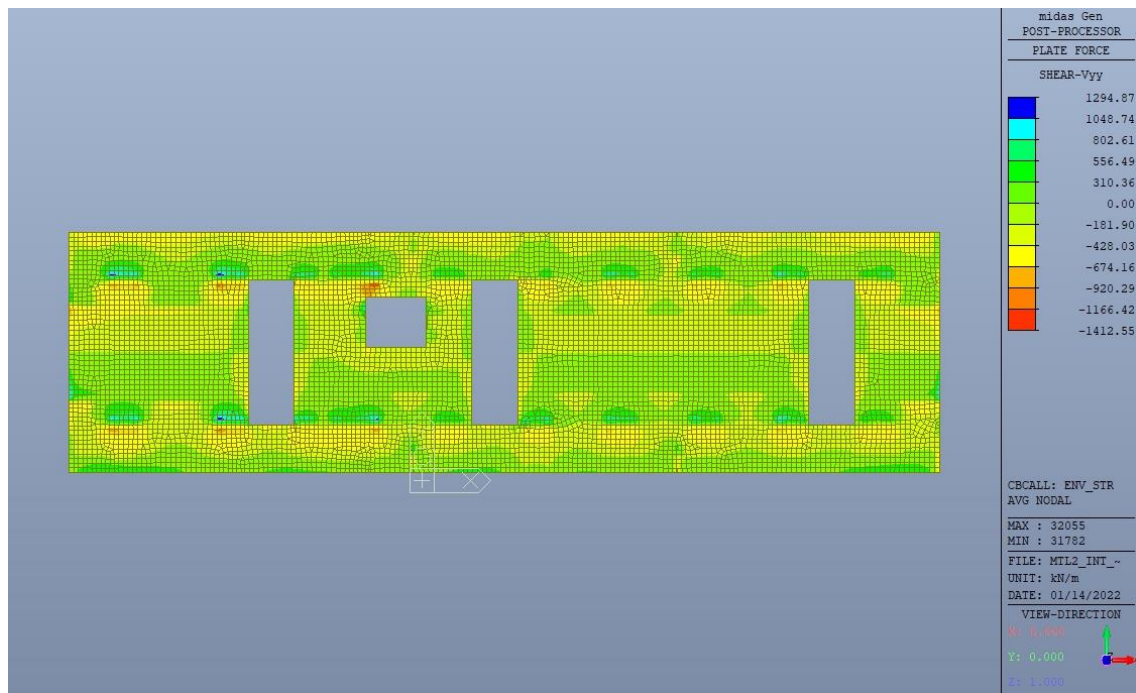


Figura 107. Banchina – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

13.1.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura longitudinale si è considerato quanto riportato nel par. 7.2.5 delle NTC2018, ossia una percentuale non inferiore allo 0.1% dell'area della sezione trasversale della platea, sia inferiormente sia superiormente, nelle due direzioni ortogonali e per l'intera estensione

Tabella 30. Armatura minima

				D1 - TOP			D1 -BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Platea H100	100	100	10000	15.7	10.00	OK	15.7	10.00	OK
				D2 - TOP			D2 -BOTTOM		
Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Platea H100	100	100	10000	22.6	10.00	OK	22.6	10.00	OK

Nelle immagini seguenti sono riportate le armature superiori e inferiori nelle due direzioni D1 e D2.



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

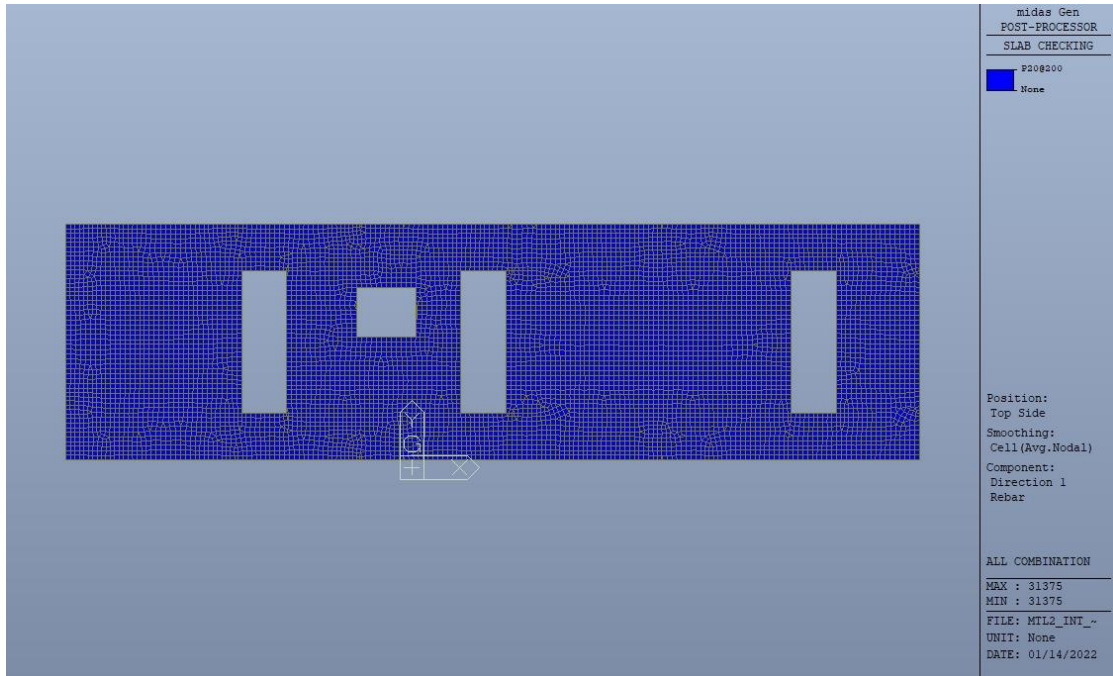


Figura 108. Banchina – Armatura superiore direzione D1

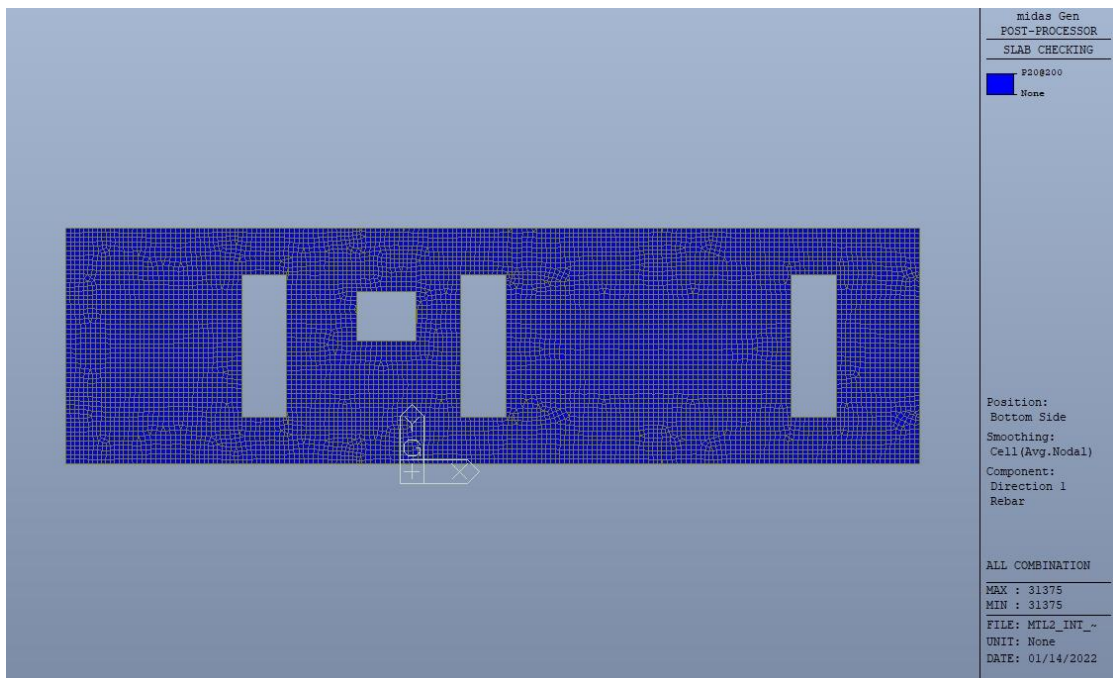


Figura 109. Banchina – Armatura inferiore direzione D1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

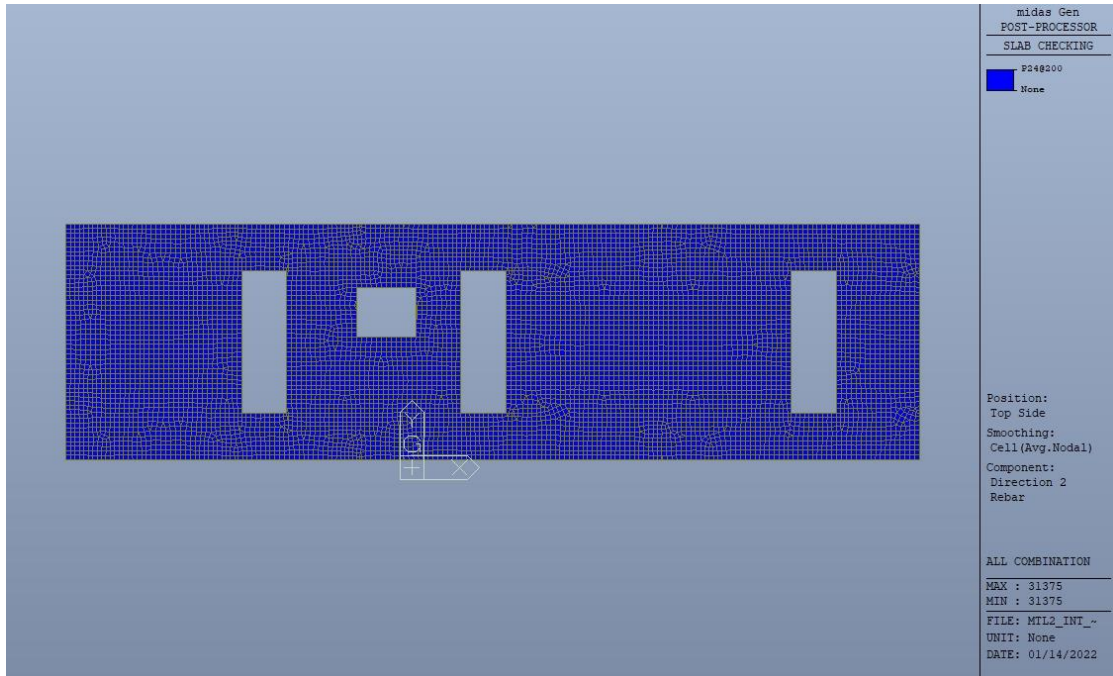


Figura 110. Banchina – Armatura superiore direzione D2

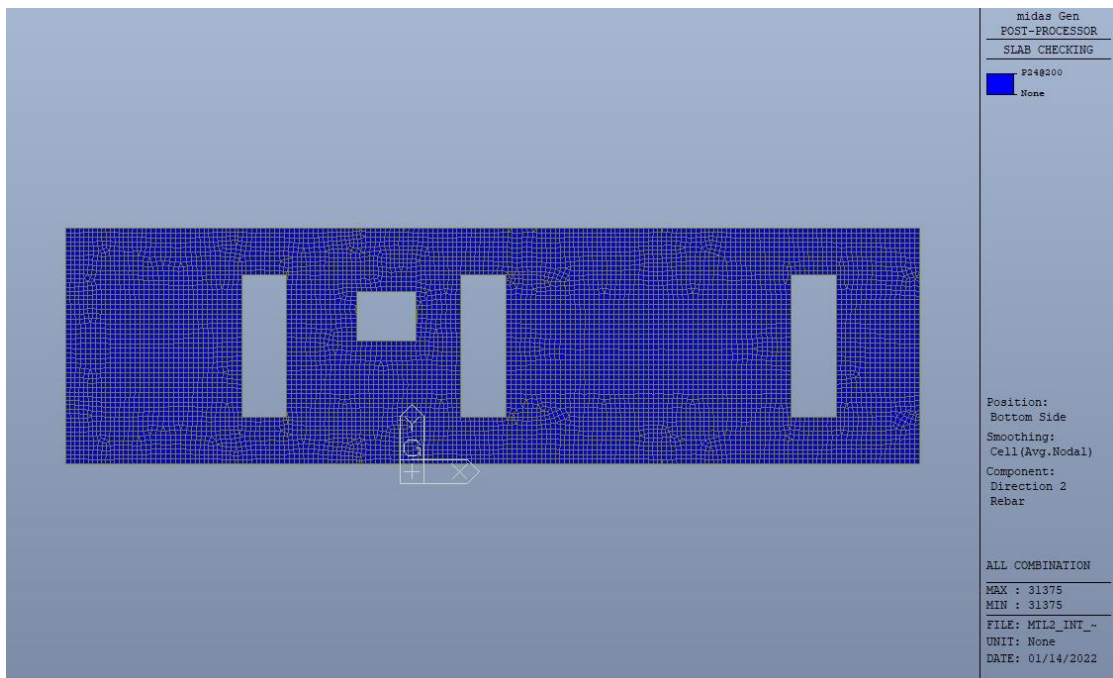


Figura 111. Banchina – Armatura inferiore direzione D2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali nelle due direzioni D1 e D2 evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

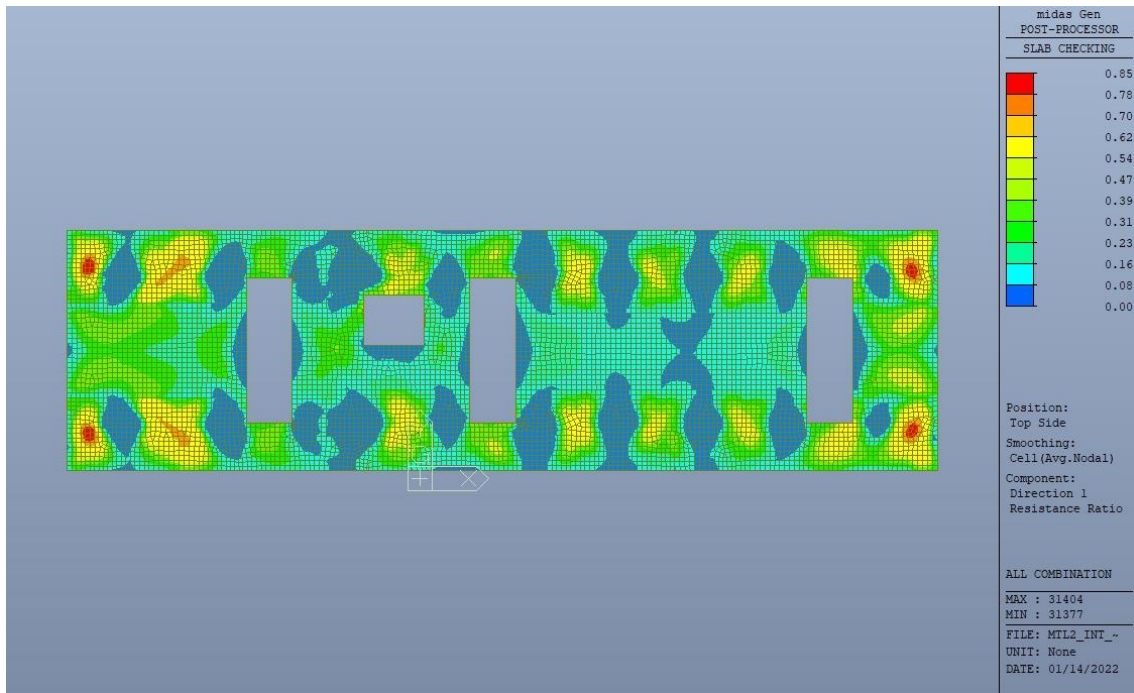


Figura 112. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

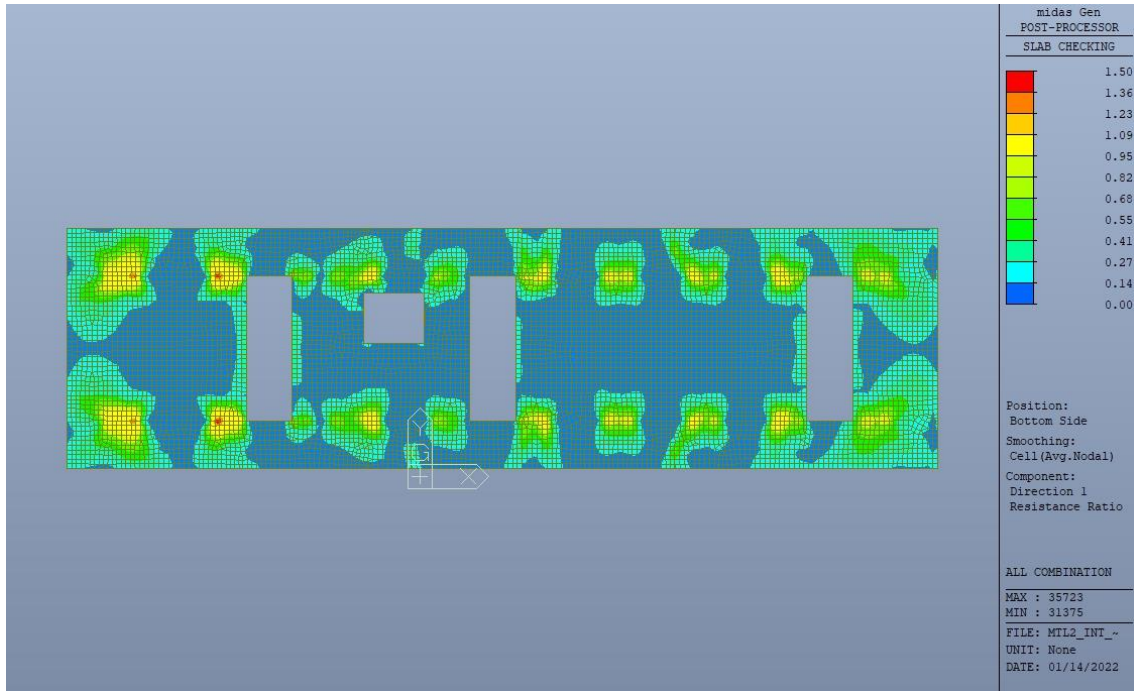


Figura 113. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1

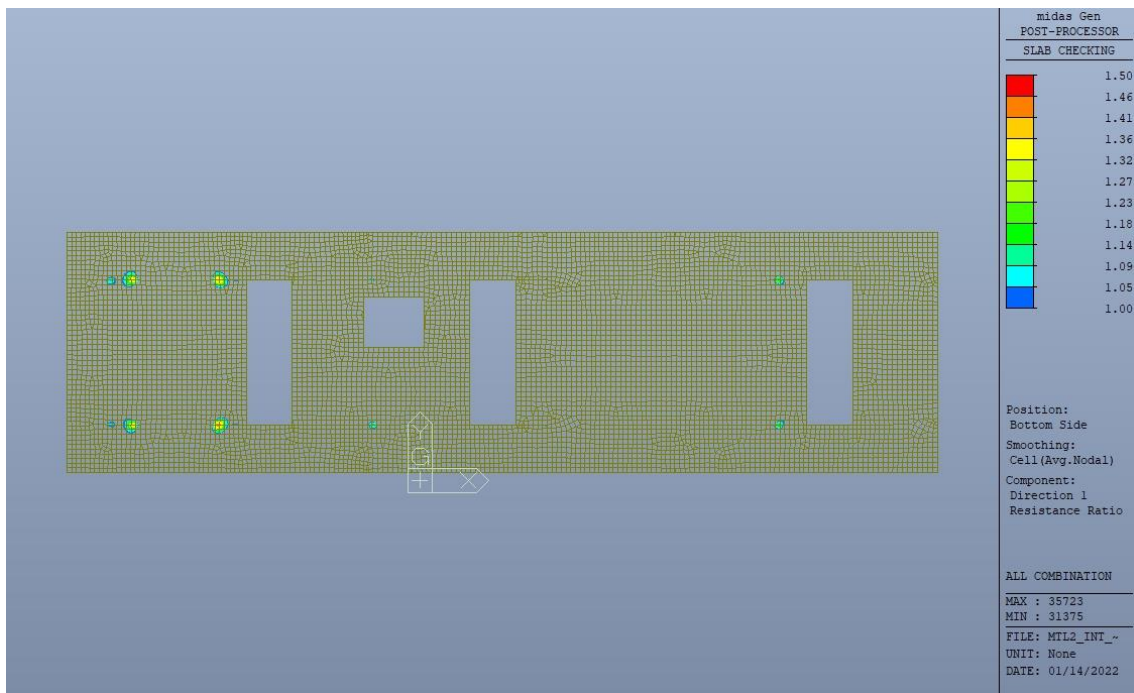


Figura 114. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

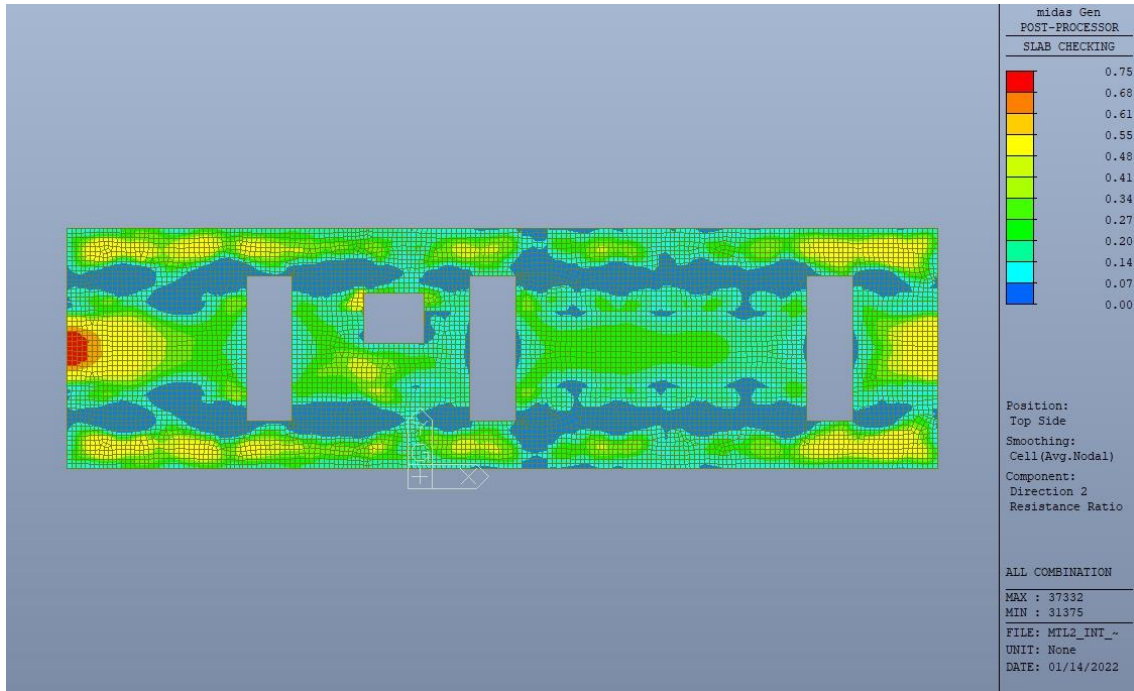


Figura 115. Banchina – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

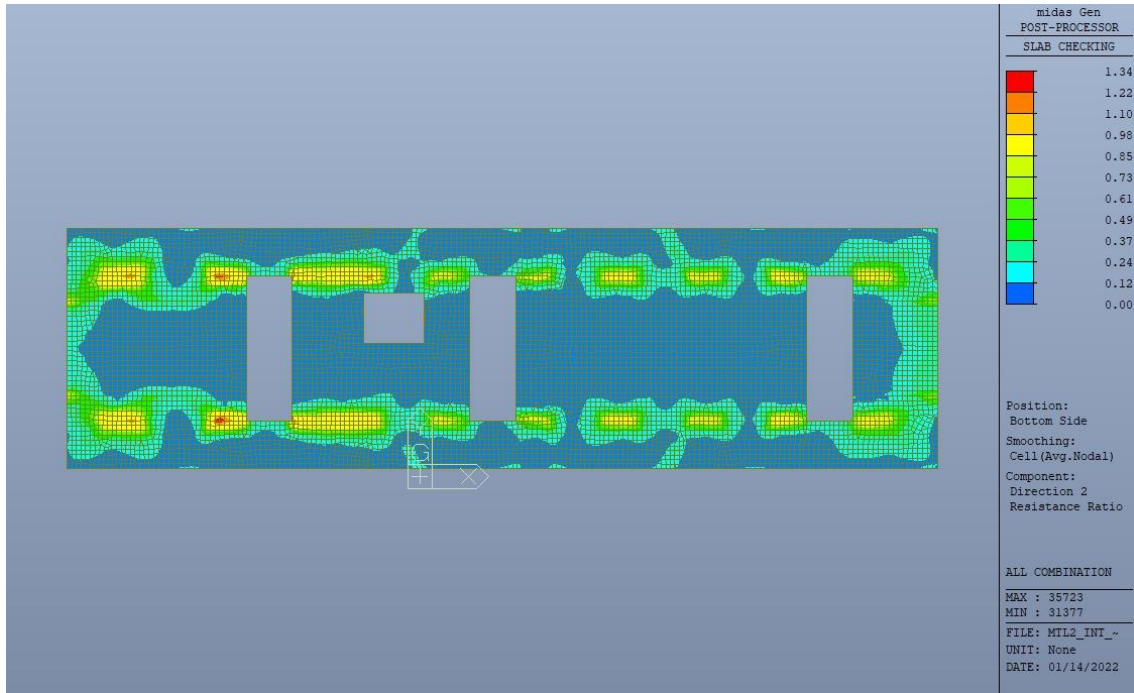


Figura 116. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2

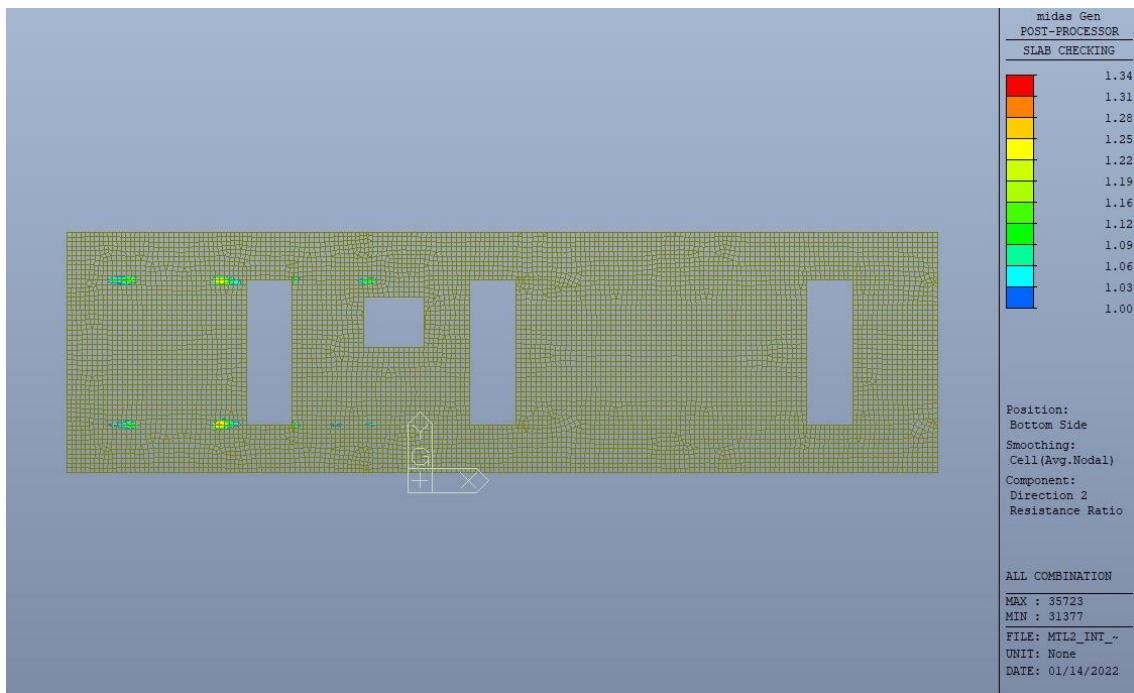


Figura 117. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

Resistenza a taglio di progetto in direzione X e Y – valore per unità di lunghezza.

Tabella 31. Verifica a taglio – Platea di fondazione

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	1000	mm	copriferro
d	935	mm	altezza utile sezione
k	1.46		
ρ_1	0.17%		rapporto geometrico di armatura longitudinale
v_{min}	0.343		
V_{Rd}	283.49	kN	
$V_{Rd,min}$	320.75	kN	
$V_{Rd,c}$	320.75	kN	resistenza a taglio NO armatura
NB	5		numero bracci
D	16	mm	diametro armatura a taglio
A_b	2.01	cm ²	area barra armatura a taglio
A_{st}	10.05	cm ²	area complessiva staffe
st	400	mm	passo staffe
γ_s	1.15		
α	90	°	
cotg teta	1		
V_{Rsd}	827.32	kN	resistenza di progetto a taglio - lato acciaio
α_c	1		
v	0.5		
f_{cd}	17.40	N/mm ²	
V_{Rcd}	3661.02	kN	resistenza di progetto a taglio - lato calcestruzzo
VRd	827.32	kN	resistenza a taglio CON armatura

Come riportato dalle immagini successive, la resistenza a taglio per elementi con armatura dedicata è superiore al taglio agente in ogni parte della platea di fondazione per entrambe le direzioni, fatta eccezione per zone localizzate e in numero ridotto.

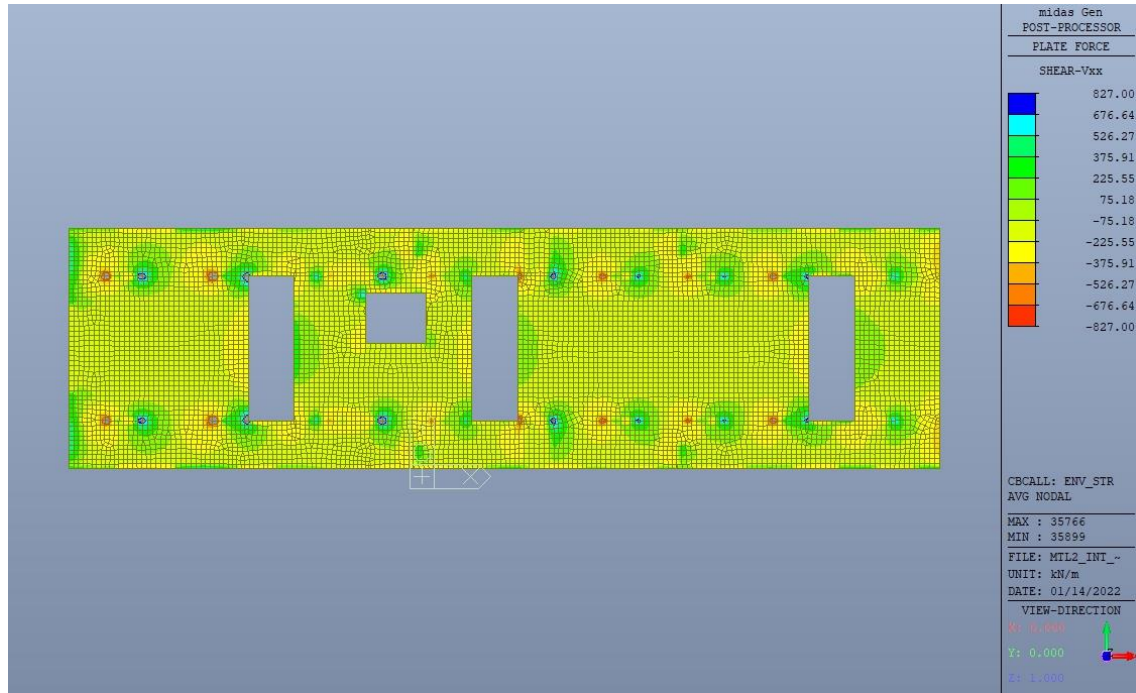


Figura 118. Resistenza a taglio Direzione X

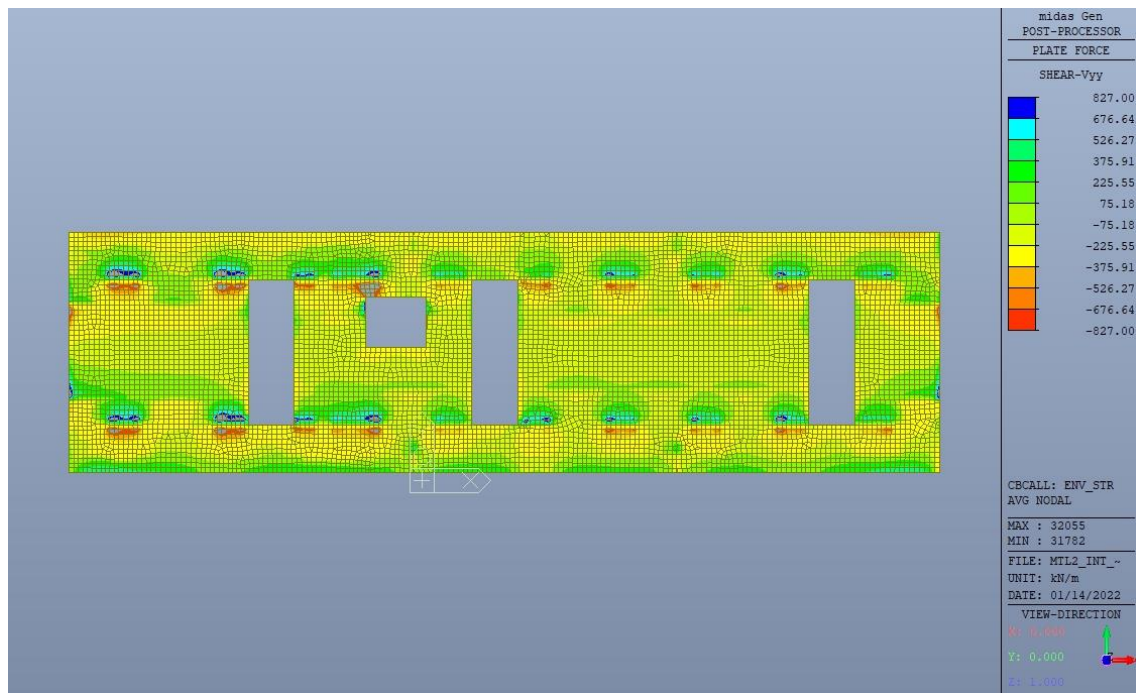


Figura 119. Resistenza a taglio Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

13.2 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

13.2.1 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 1/500 della luce di calcolo.

$L = 7.50$ m (tra travi rialzate interne)

$\delta_{max} = 15$ mm

Di seguito si riporta la deformata calcolata, a favore di sicurezza, in condizione di creep (effetti a lungo termine dovuti al fluage) con un modulo elastico del cls E_c ridotto di un valore pari a 2.75.

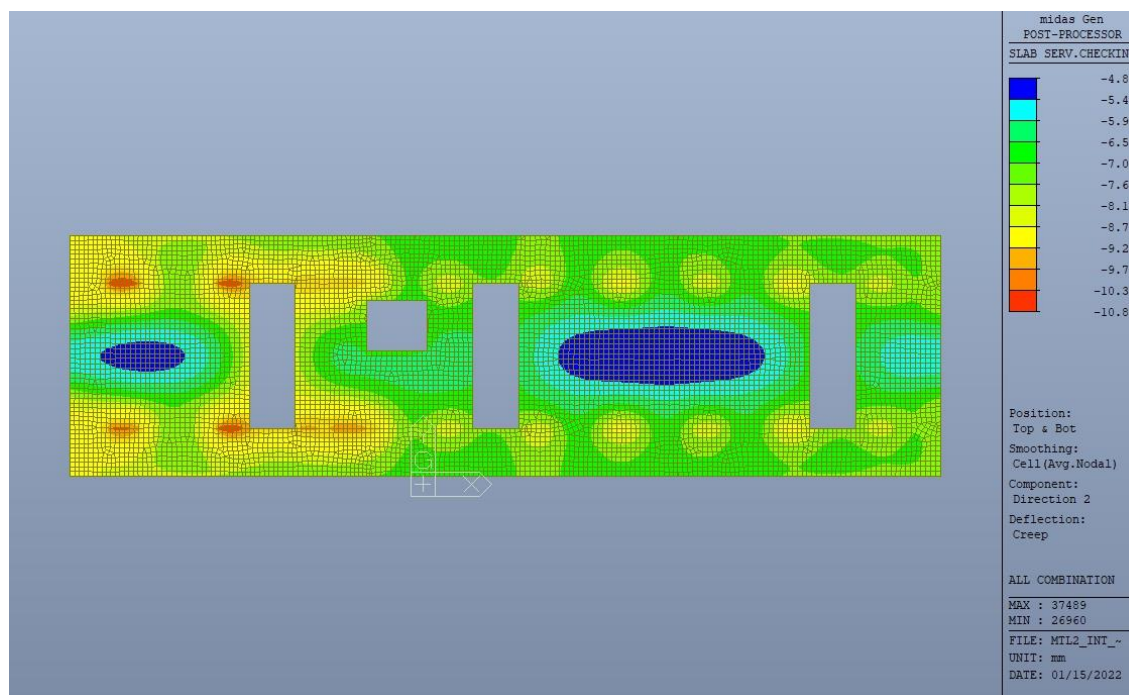


Figura 120. Massima deformazione – Sezione fessurata

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Il massimo valore dell'abbassamento in combinazione RARA è pari a 10.89mm mentre il minimo è pari a 4.86mm; il massimo cedimento differenziale risulta essere di 6.03mm inferiore al valore limite sopra indicato e compatibile con le prestazioni richieste.

La verifica è soddisfatta.

13.2.2 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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (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 Corelli

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

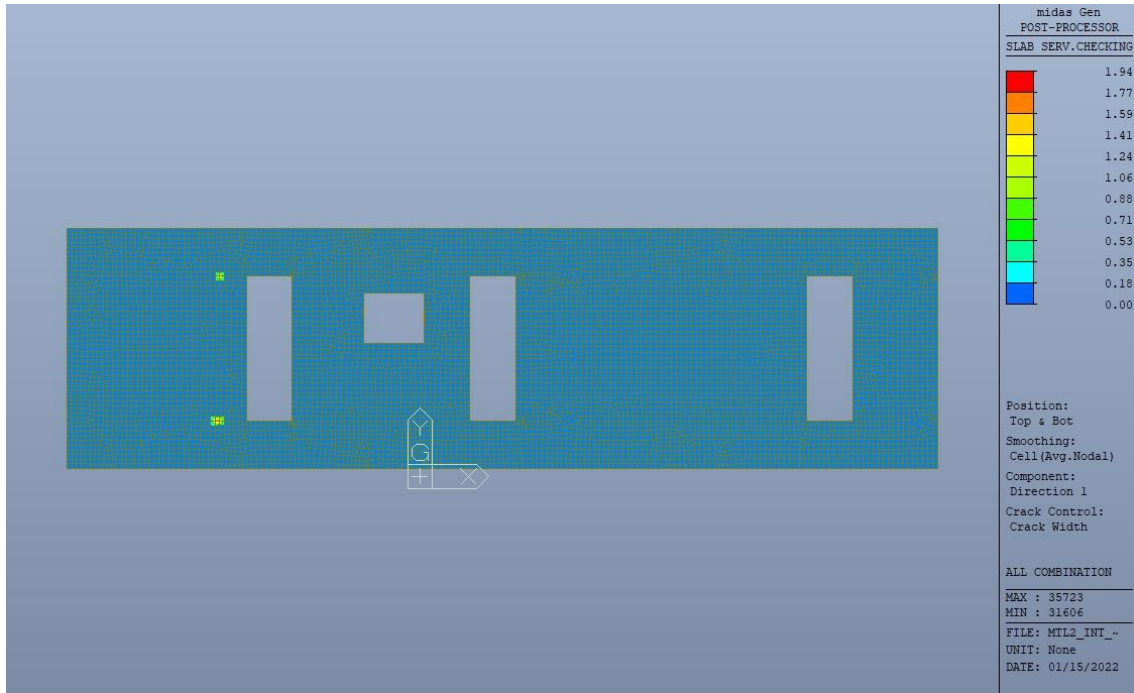


Figura 121. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1

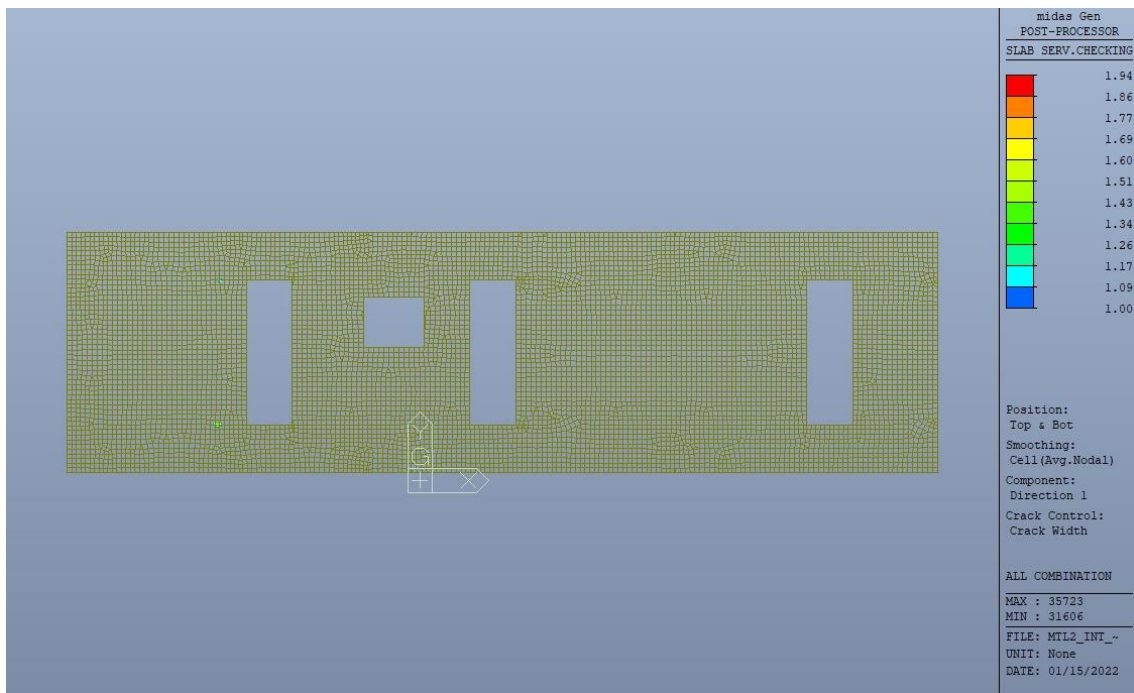


Figura 122. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

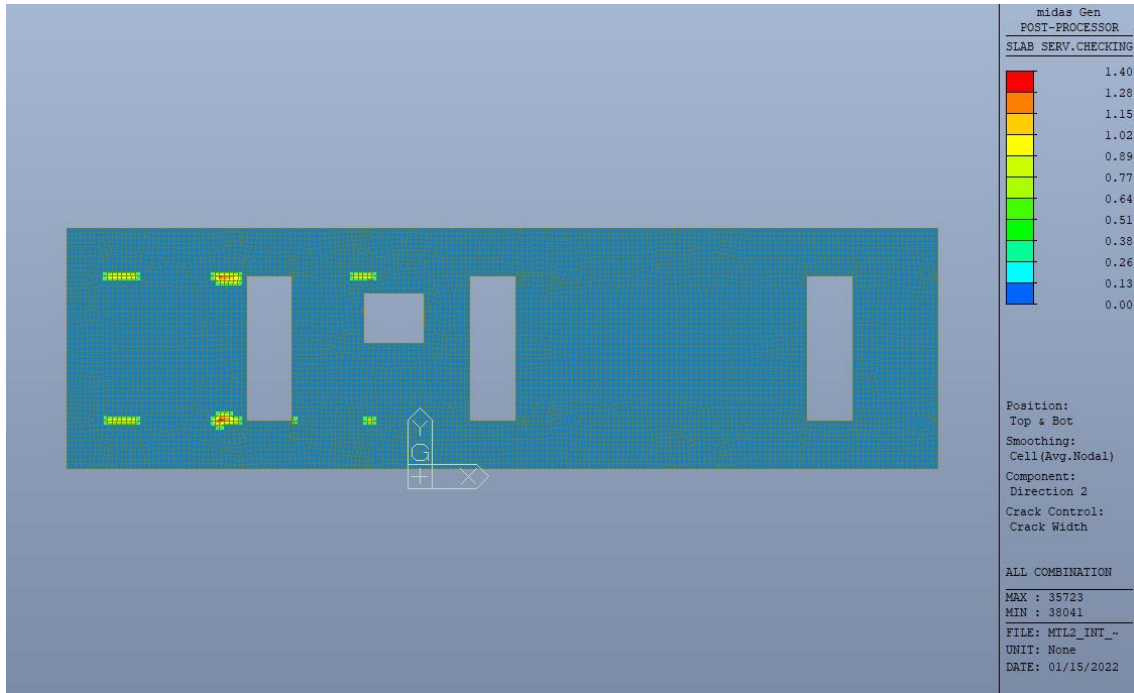


Figura 123. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2

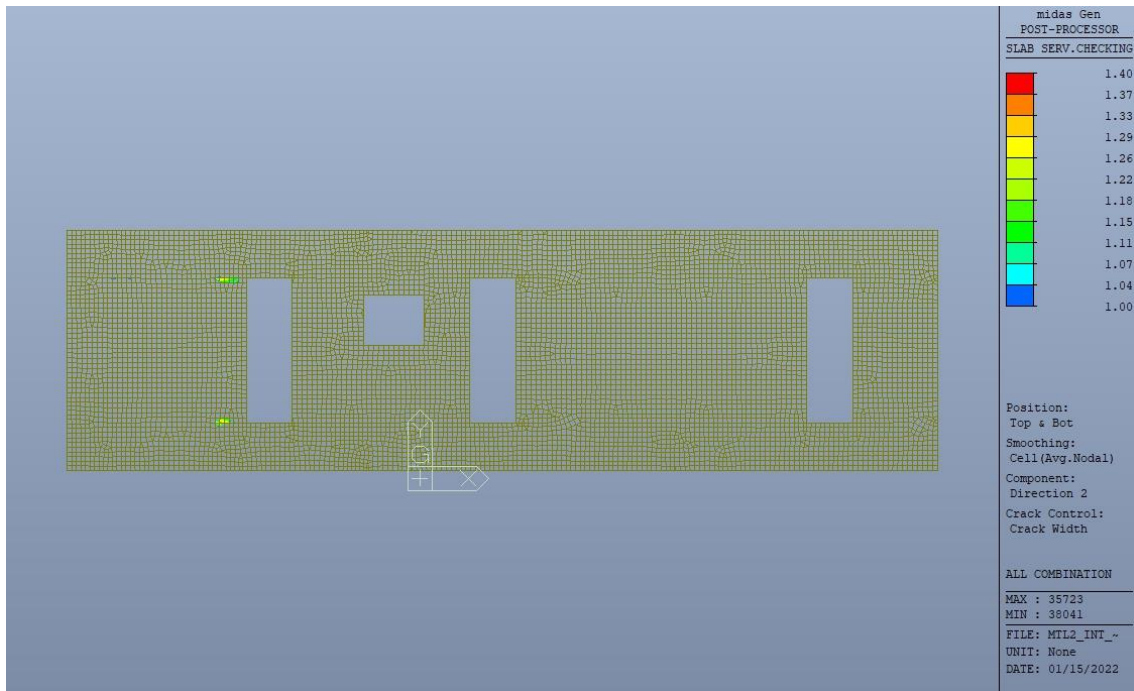


Figura 124. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni complessive del solettone di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

13.2.3 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.

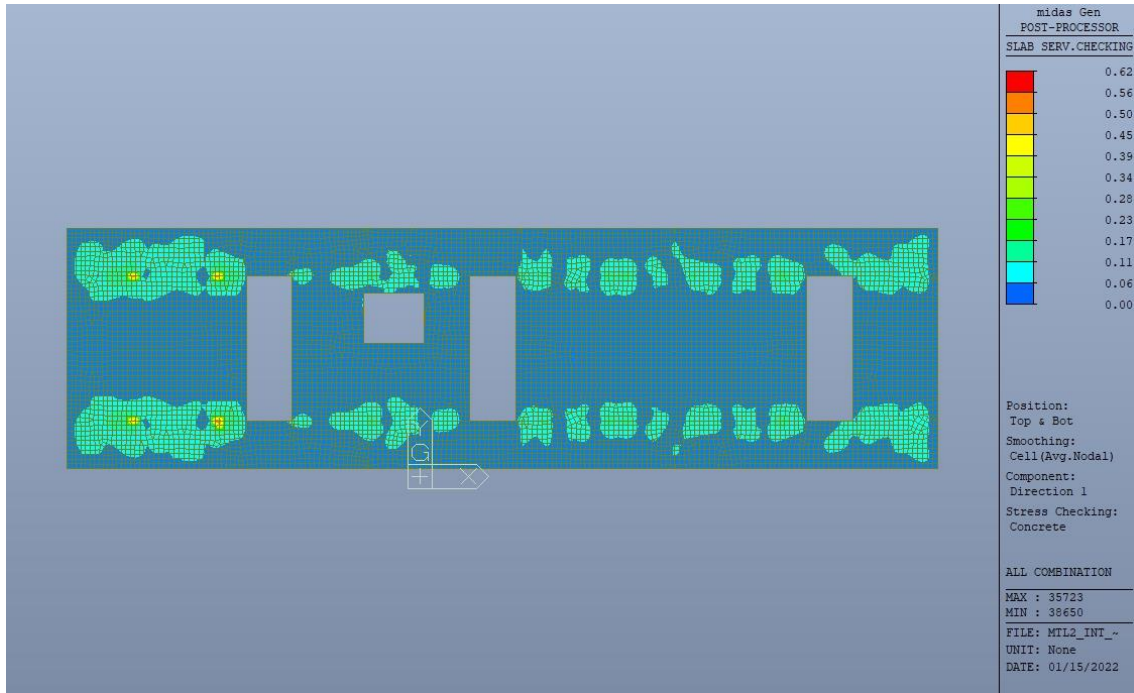


Figura 125. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1

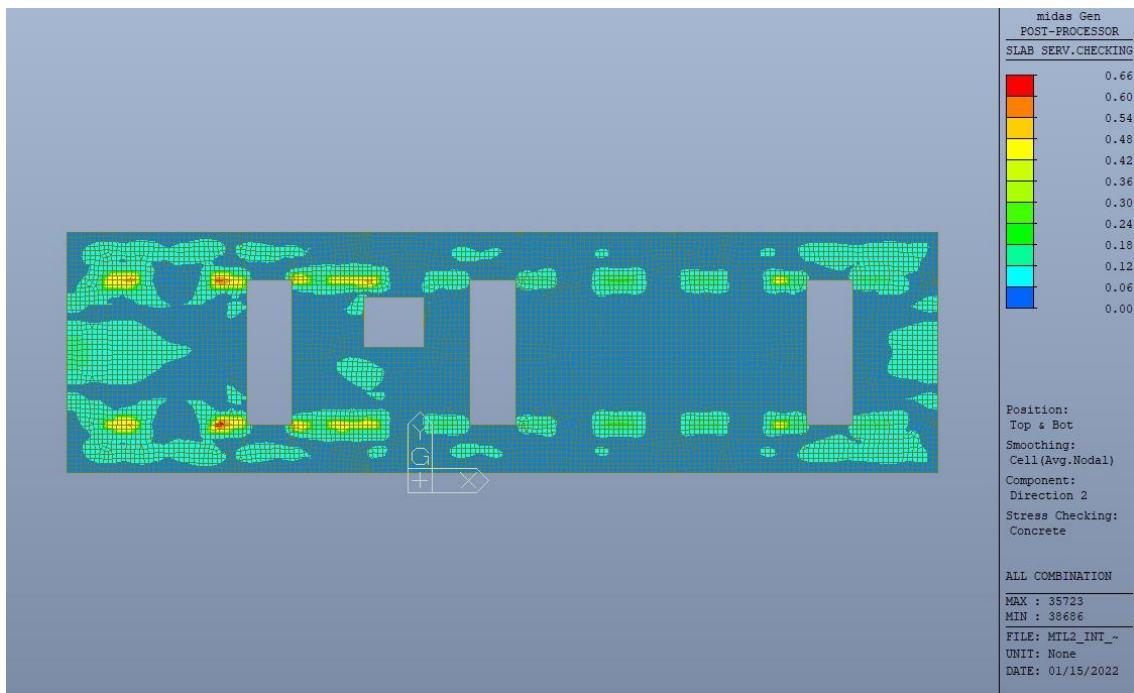


Figura 126. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

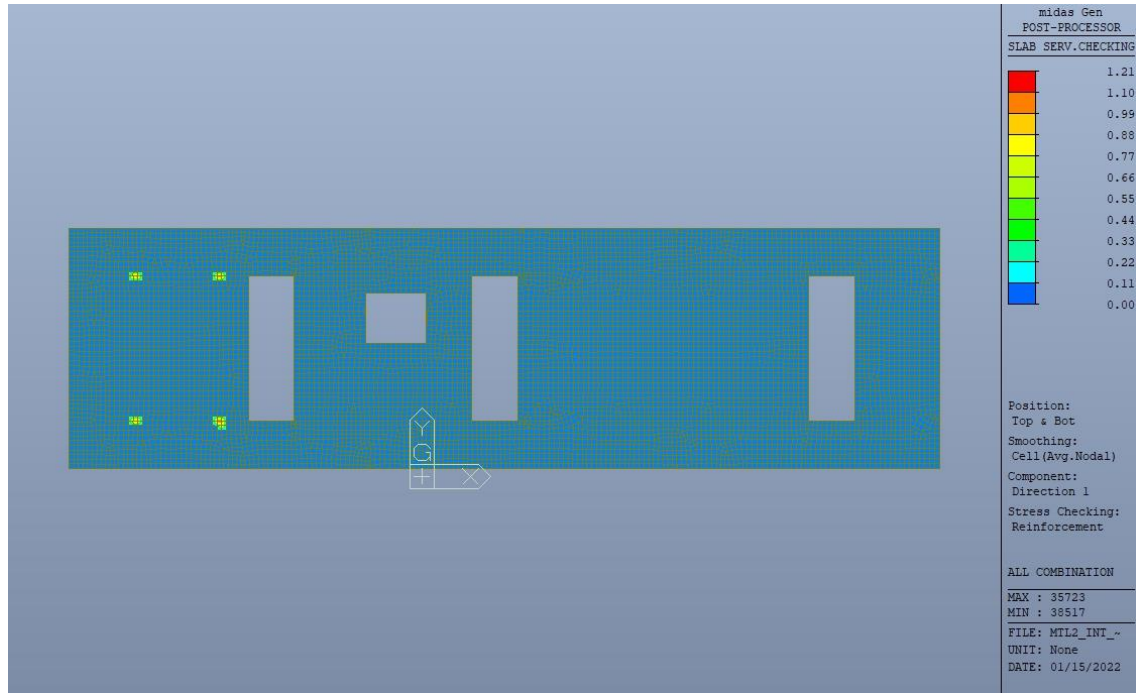


Figura 127. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1

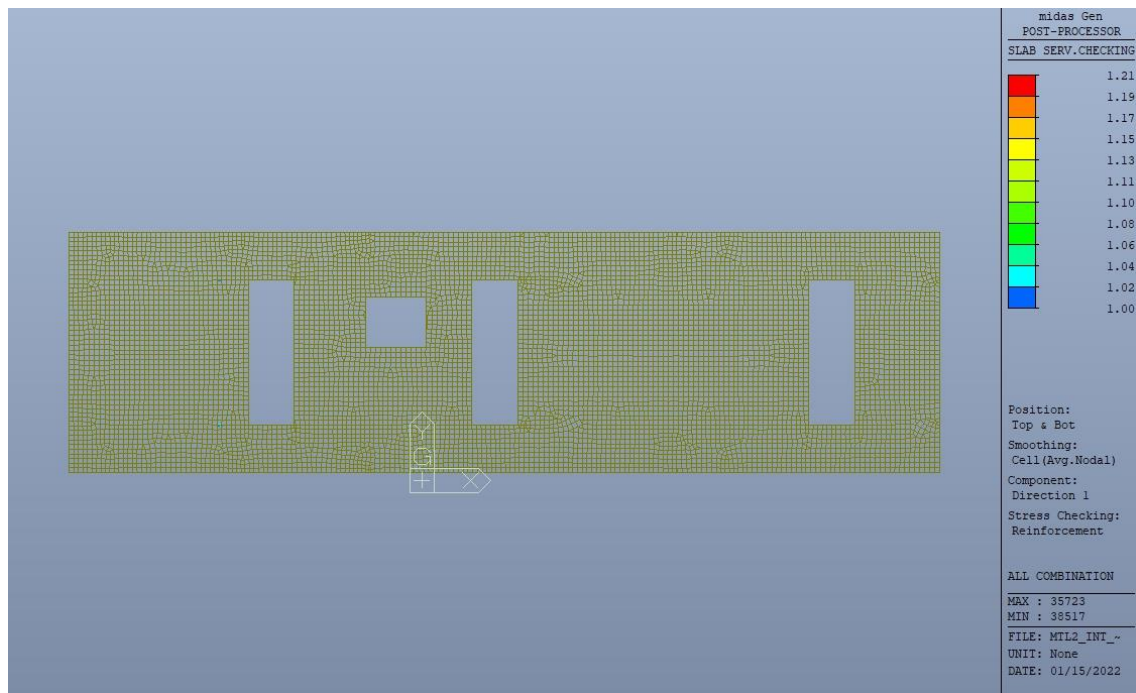


Figura 128. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

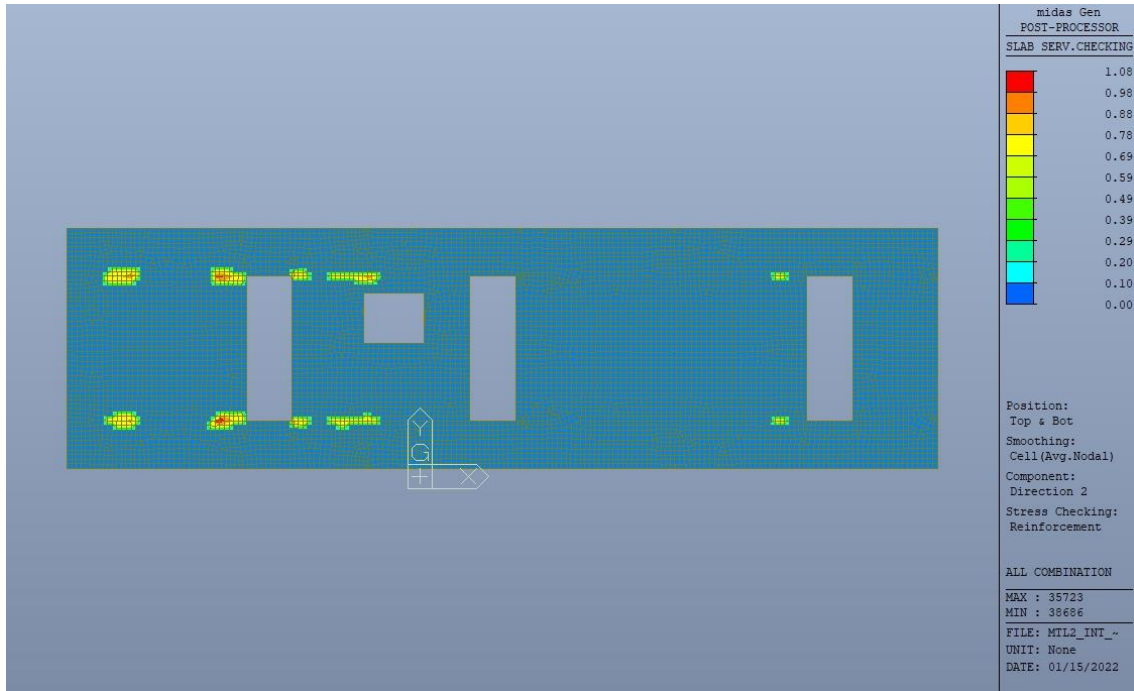


Figura 129. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2

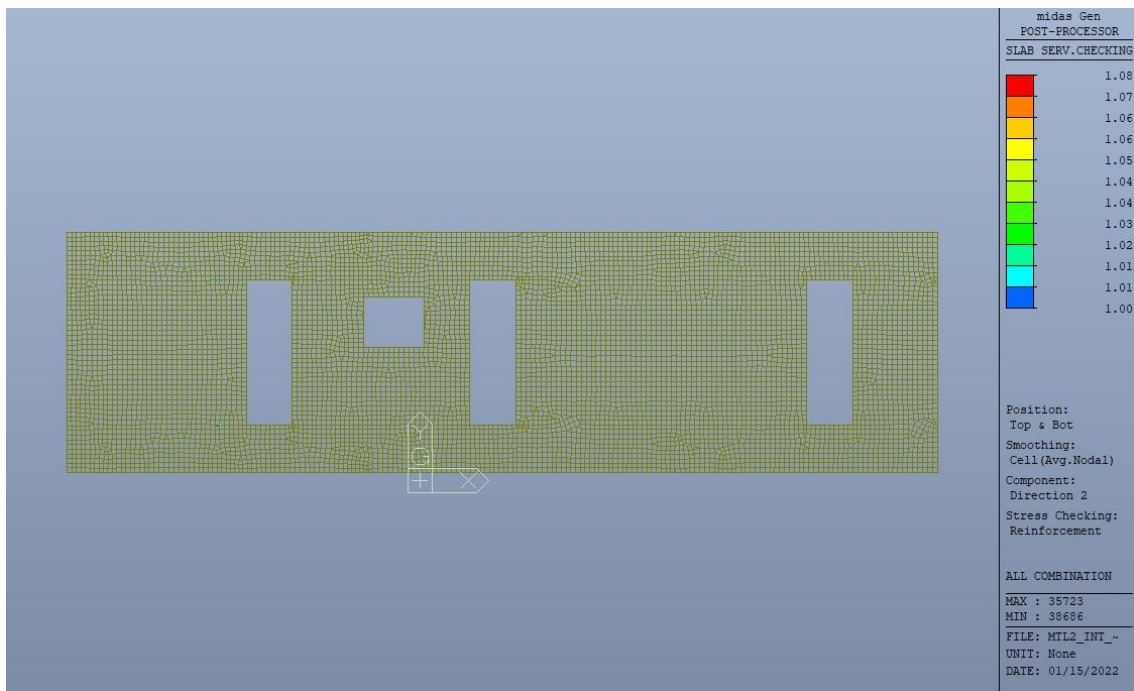


Figura 130. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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.

14. VERIFICA FODERE

14.1 Verifica Stati Limite Ultimi – SLU e 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.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

14.1.1 Sollecitazioni

Le immagini successive riportano gli involuipi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV nelle due direzioni X e Y.

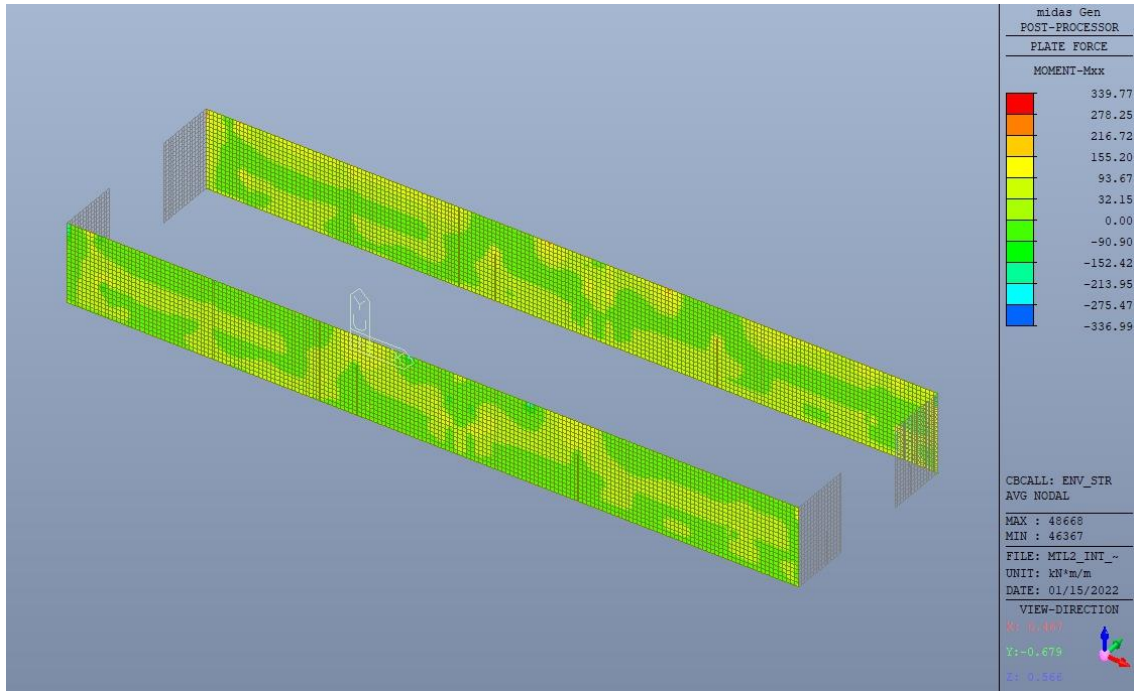


Figura 131. Fodere longitudinali – Inviluppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

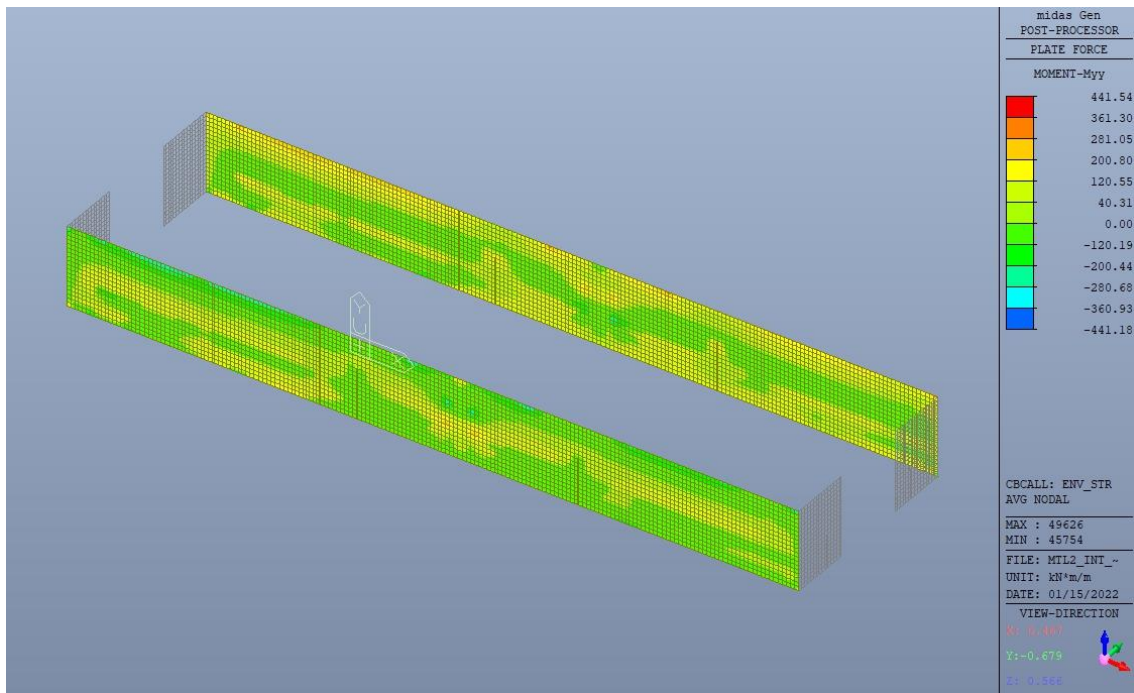


Figura 132. Fodere longitudinali – Inviluppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y

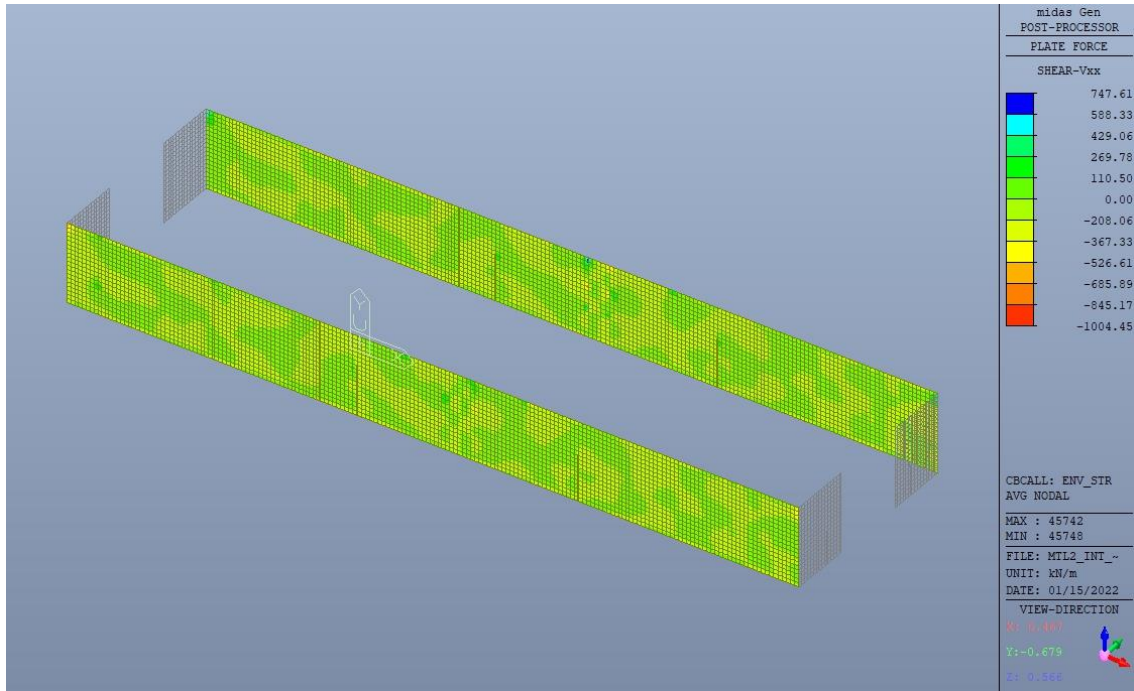


Figura 133. Fodere longitudinali – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

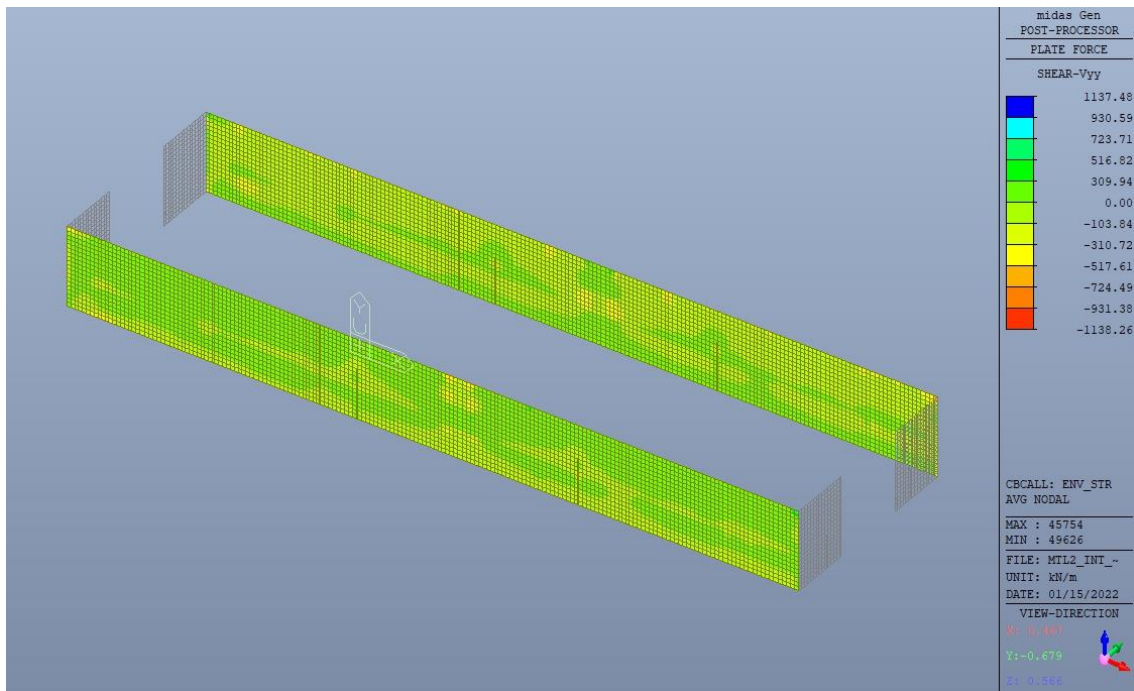


Figura 134. Fodere longitudinali – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

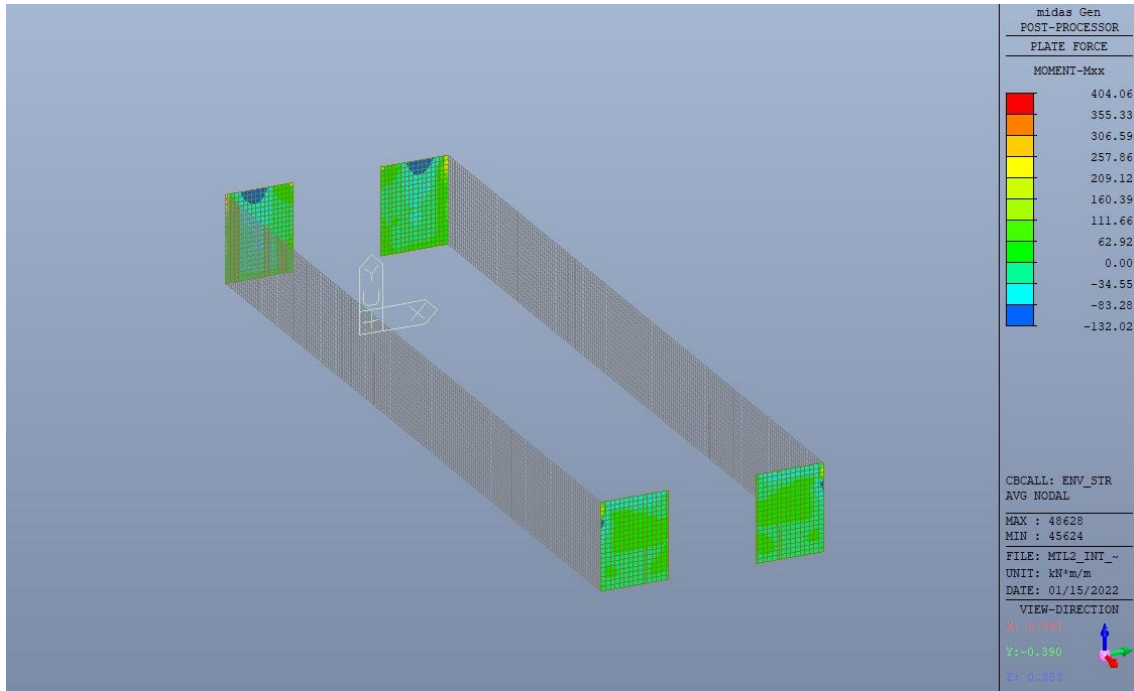


Figura 135. Fodere trasversali – Involuppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

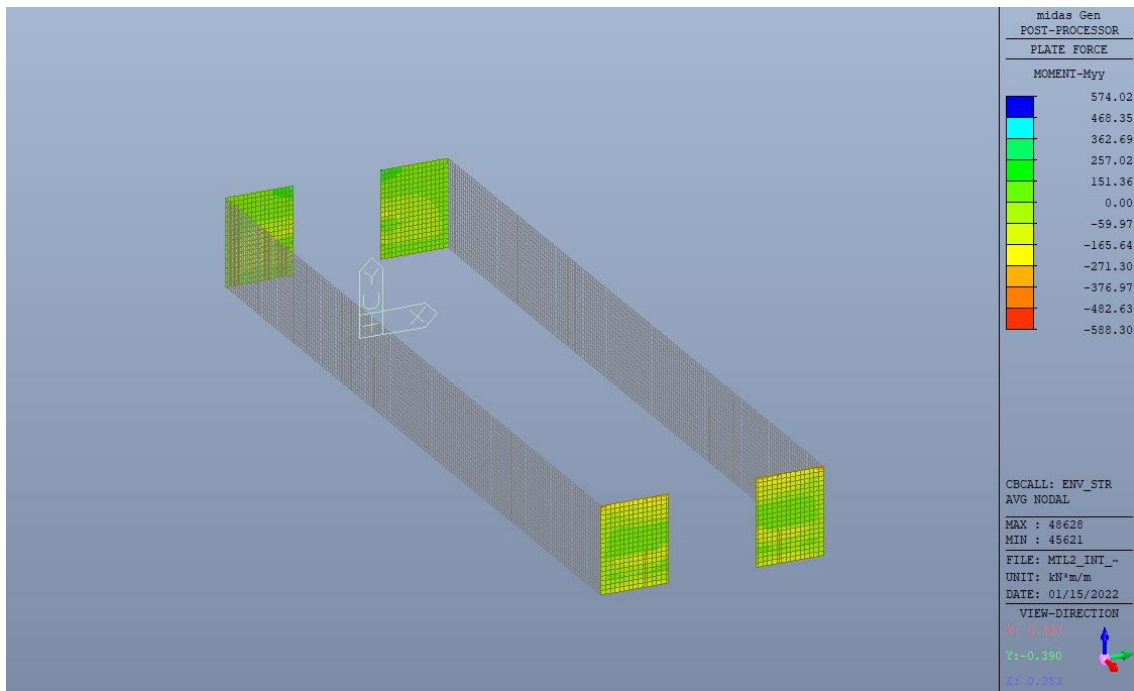


Figura 136. Fodere trasversali – Involuppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y

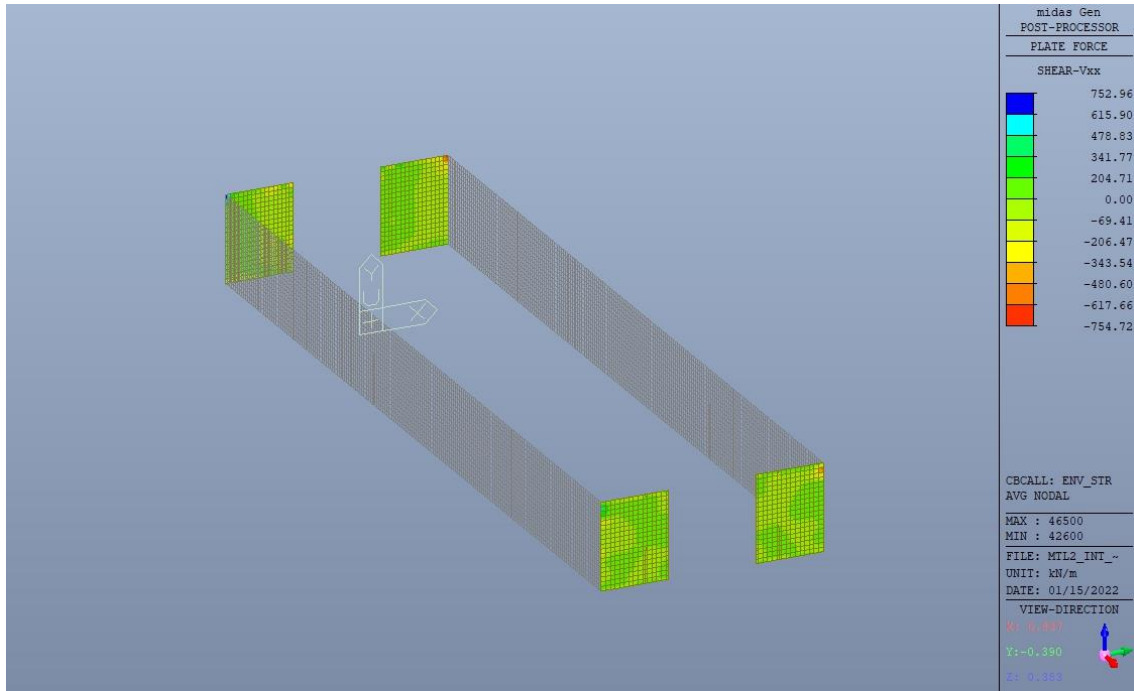


Figura 137. Fodere trasversali – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

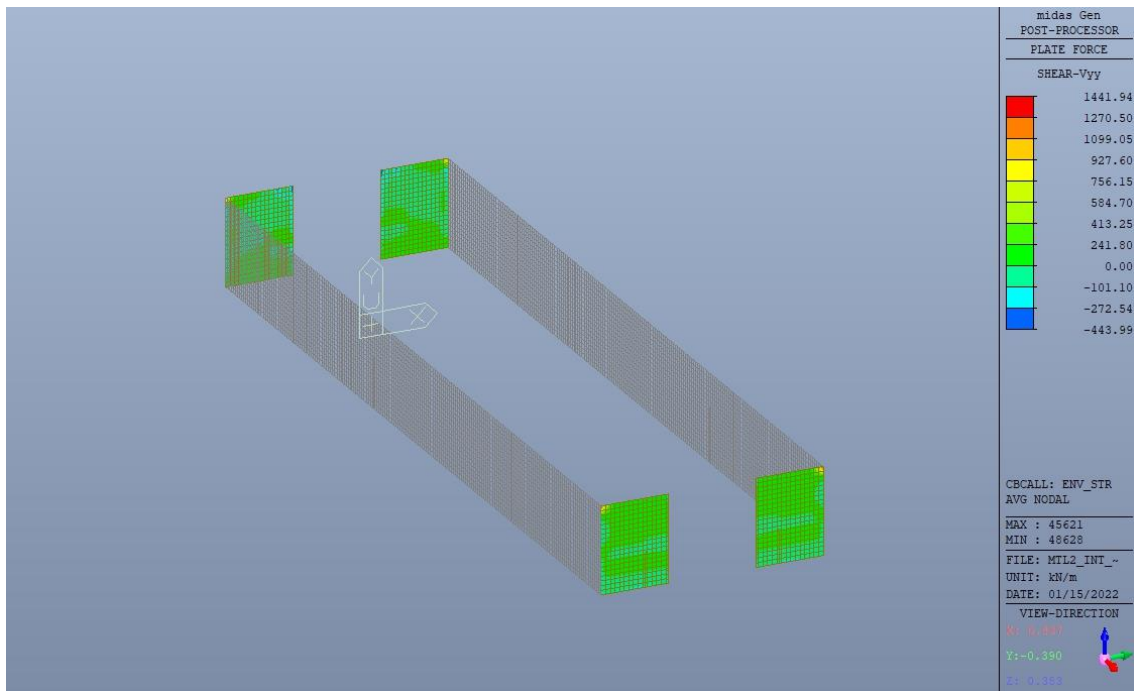


Figura 138. Fodere longitudinali – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

14.1.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura verticale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per i pilastri pari a

$$A_{s,min} = 0.003 \cdot A_c$$

- A_c è l'area di cls.

Tabella 32. Armatura minima

Tipologia	b [cm]	h [cm]	Ac [cm ²]	VERTICALE [D2 TOP+BOTTOM]			ORIZZONTALE [D1 TOP+BOTTOM]		
				As [cm ²]	Asmin [cm ²]	CK	As [cm ²]	Asmin [cm ²]	CK
Fodera	100	50	5000	45.2	15.00	OK	5.65	-	NO

Nelle immagini seguenti sono riportate le armature superiori e inferiori nelle due direzioni D1 e D2.

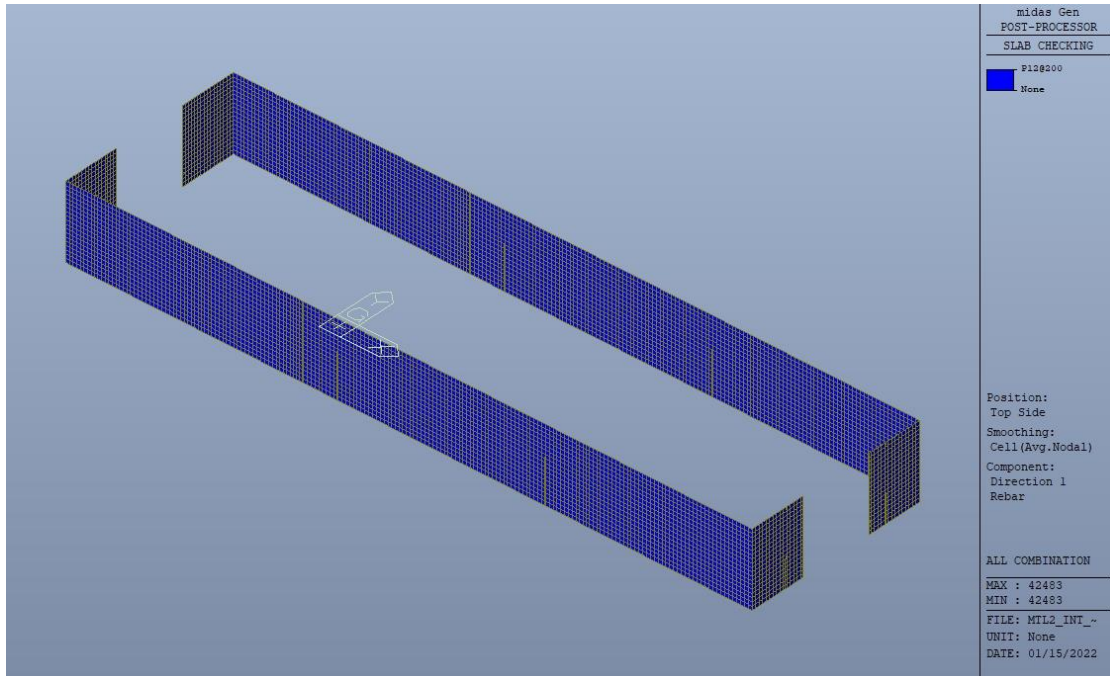


Figura 139. Fodere – Armatura superiore direzione D1

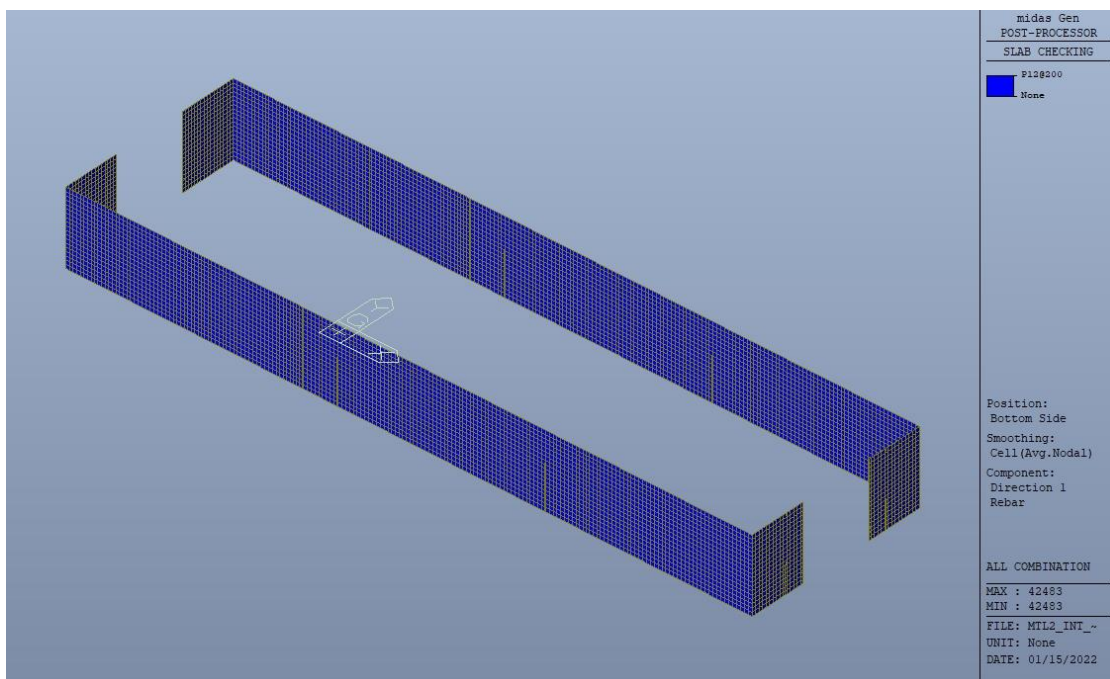


Figura 140. Fodere – Armatura inferiore direzione D1

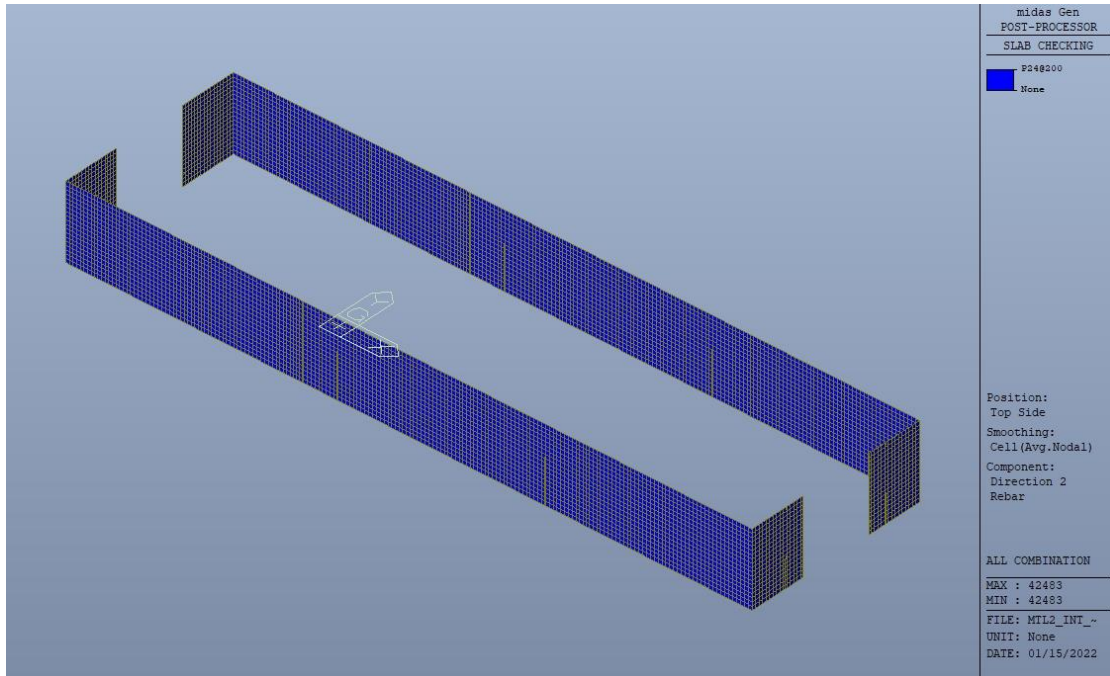


Figura 141. Fodere – Armatura superiore direzione D2

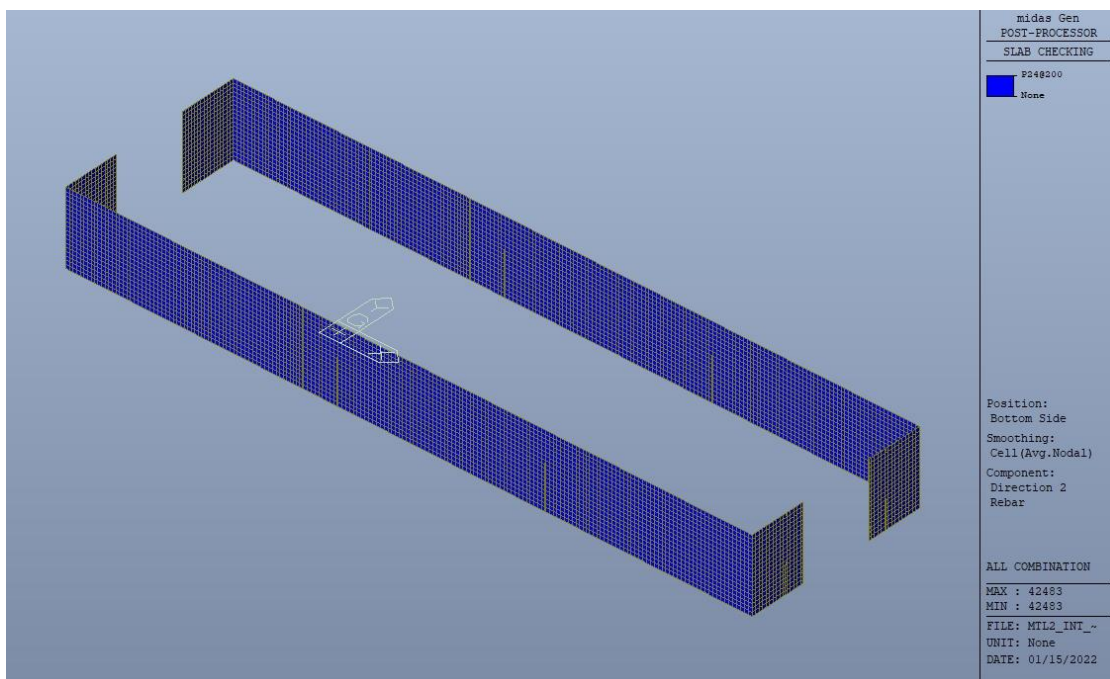


Figura 142. Fodere – Armatura inferiore direzione D2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali nelle due direzioni D1 e D2 evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

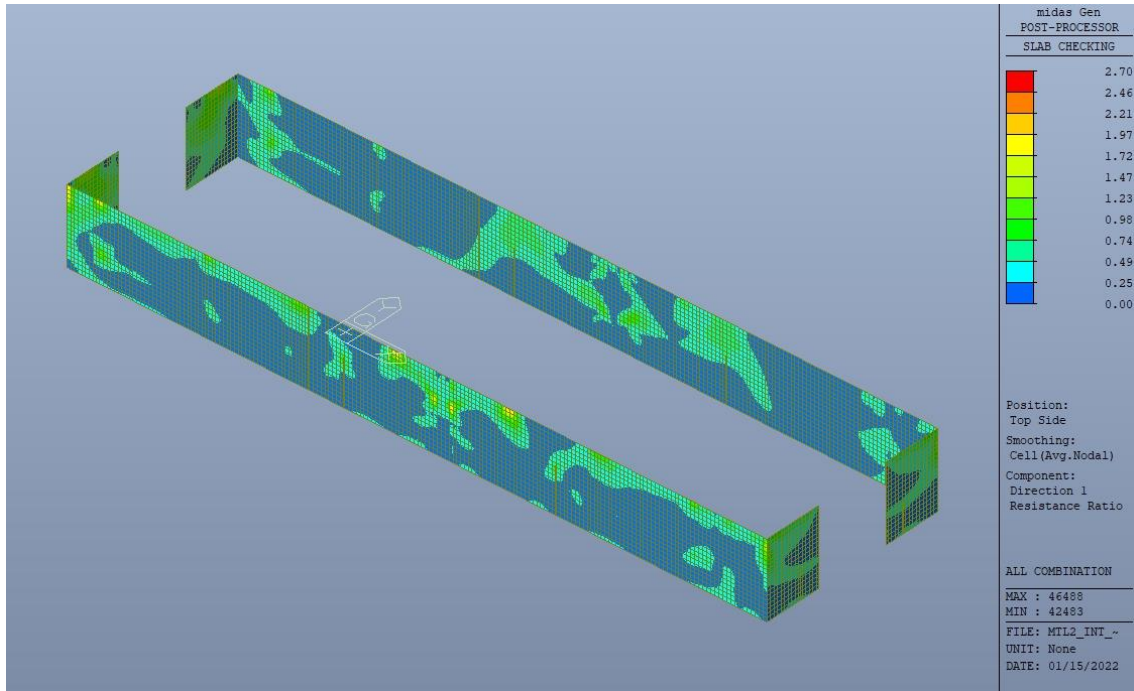


Figura 143. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1

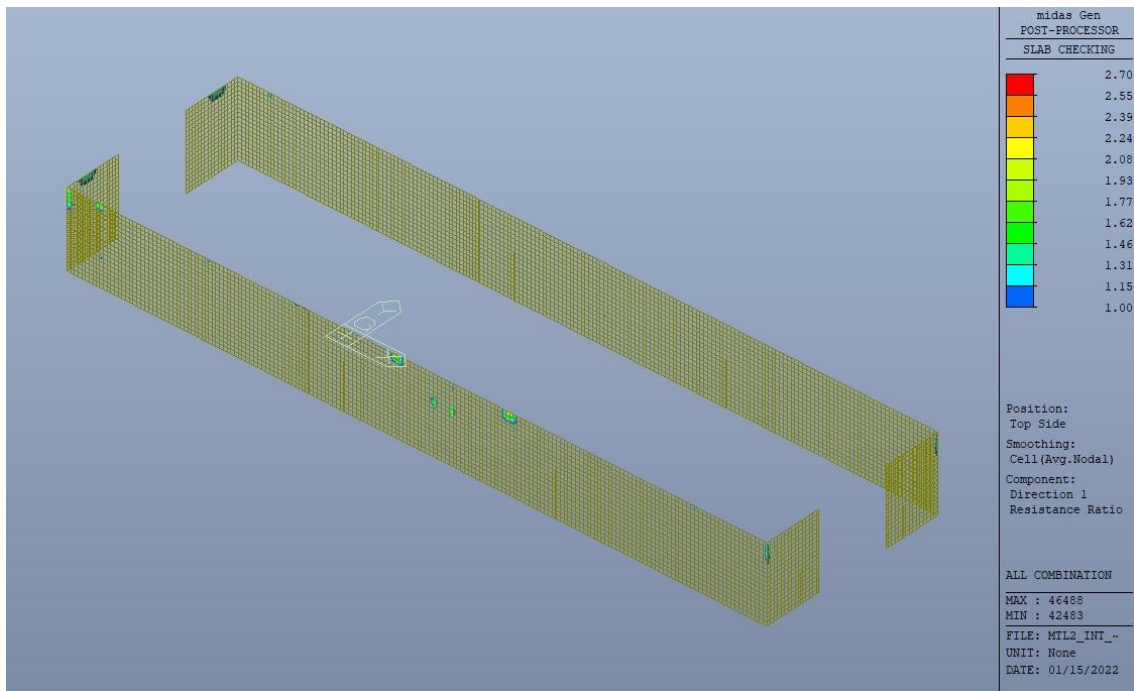


Figura 144. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D1 – Zone > 1

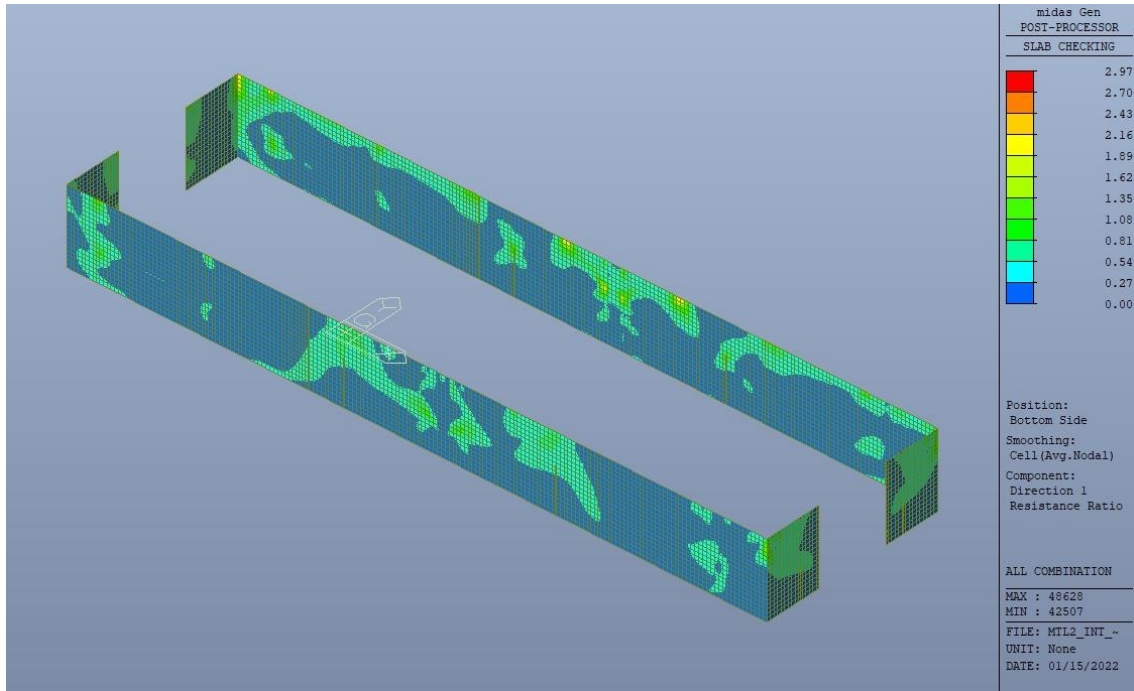


Figura 145. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1

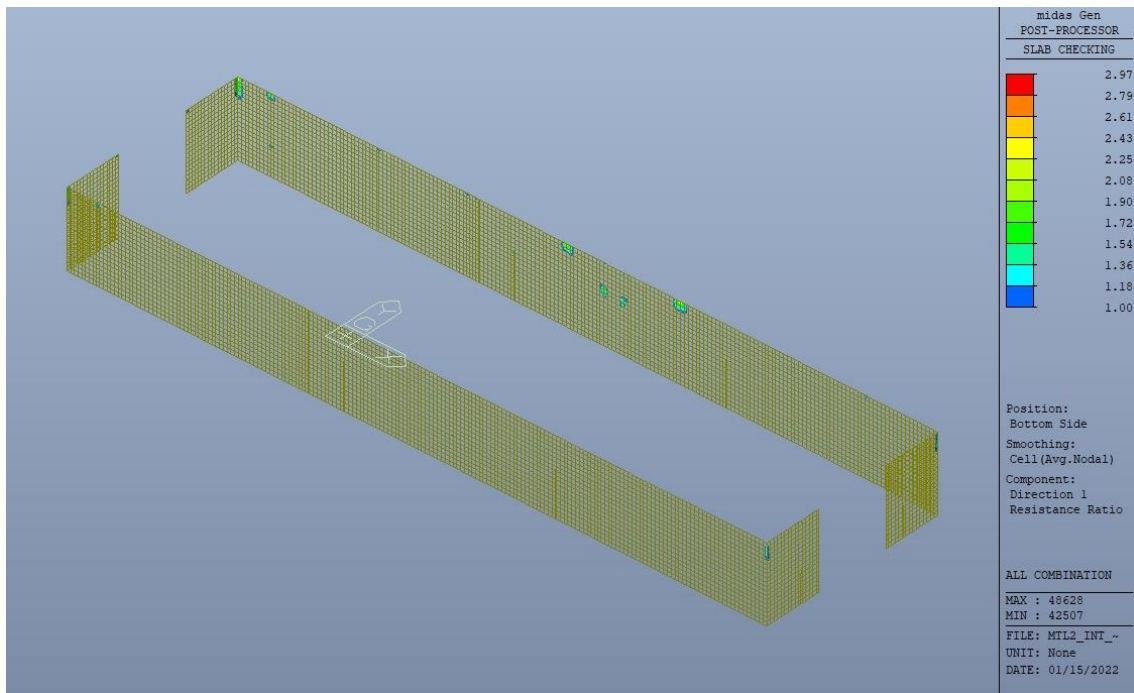


Figura 146. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D1 – Zone > 1

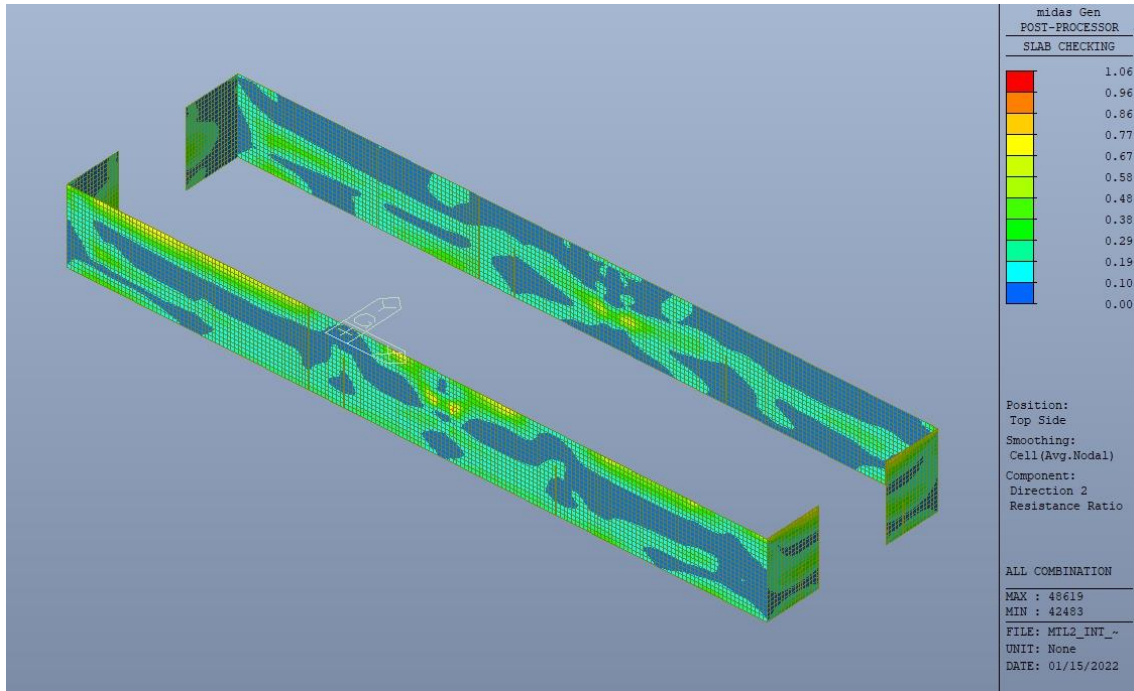


Figura 147. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2

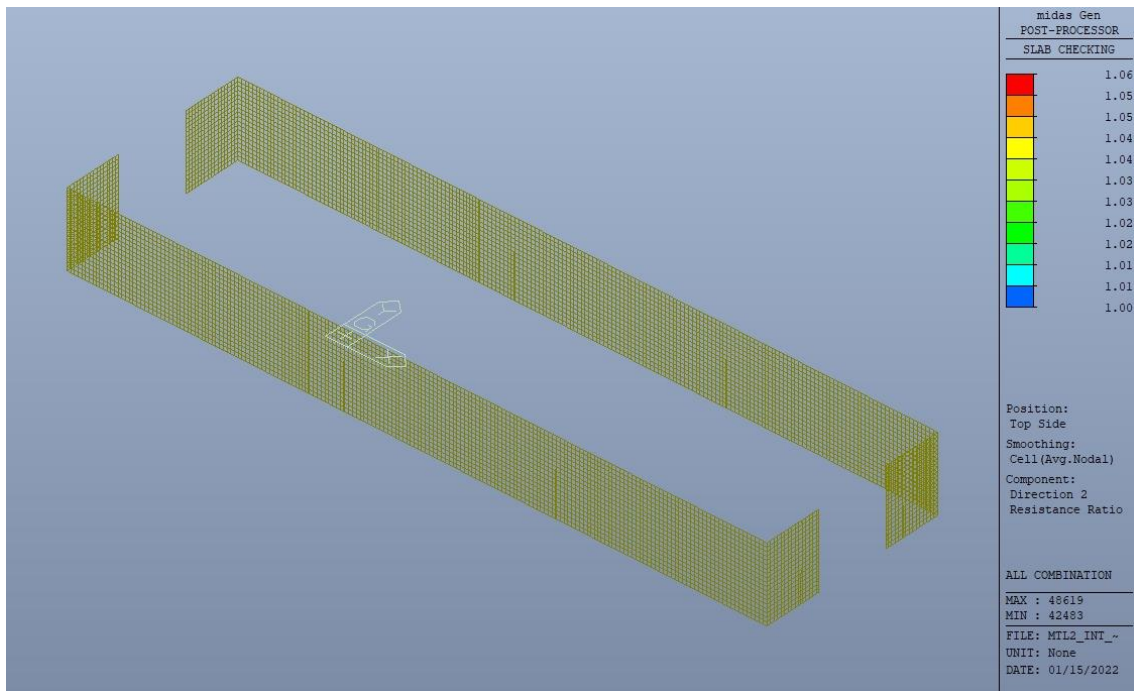


Figura 148. Fodere – Tasso di lavoro faccia superiore – Direzione D2 – Zone > 1

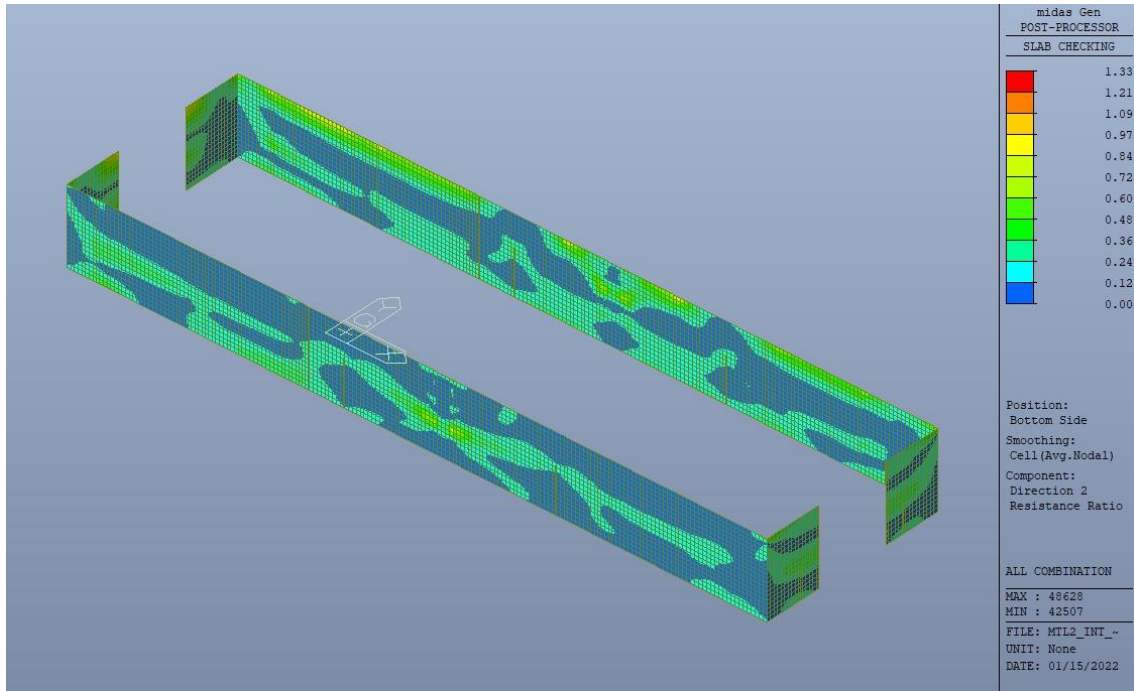


Figura 149. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2

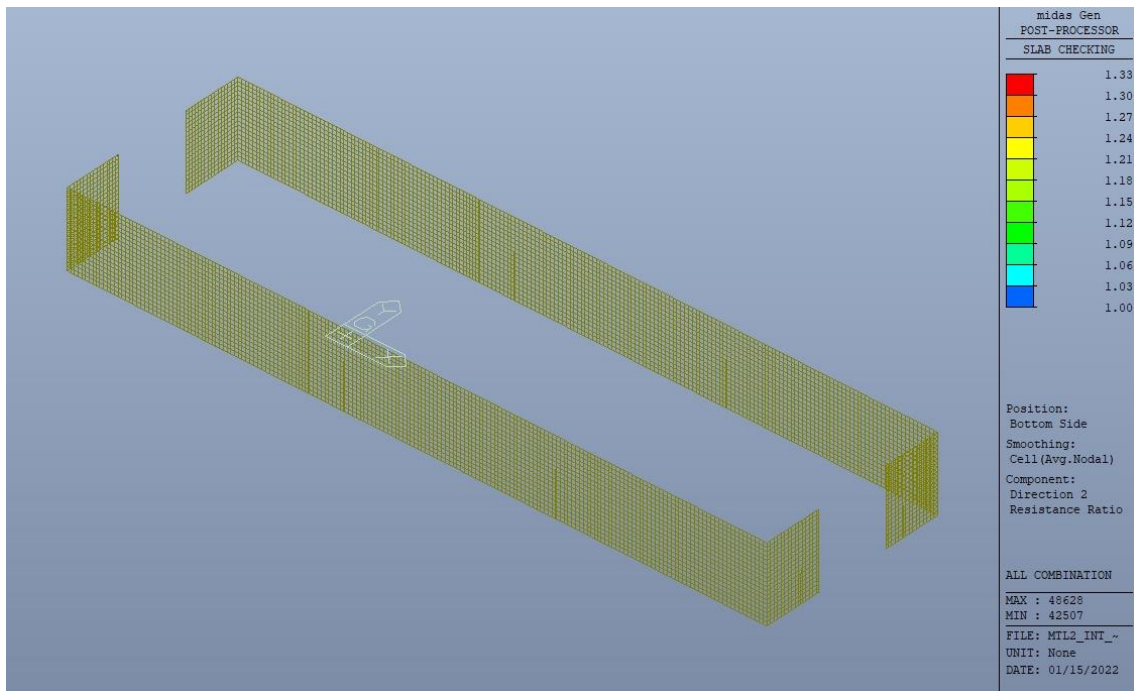


Figura 150. Banchina – Tasso di lavoro faccia inferiore – Direzione D2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

Resistenza a taglio di progetto in direzione X e Y – valore per unità di lunghezza.

Tabella 33. Verifica a taglio - Fodere

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	1000	mm	copriferro
d	435	mm	altezza utile sezione
k	1.68		
ρ_1	0.52%		rapporto geometrico di armatura longitudinale
v_{min}	0.422		
V_{Rd}	220.52	kN	
$V_{Rd,min}$	183.40	kN	
$V_{Rd,c}$	220.52	kN	resistenza a taglio NO armatura
NB	5		numero bracci
D	8	mm	diámetro armatura a taglio
A_b	0.50	cm ²	area barra armatura a taglio
A_{st}	2.50	cm ²	area complessiva staffe
st	400	mm	passo staffe
γ_s	1.15		
α	90	°	
cotg teta	1		
V_{Rsd}	95.75	kN	resistenza di progetto a taglio - lato acciaio
α_c	1		
v	0.5		
f_{cd}	17.40	N/mm ²	
V_{Rcd}	1703.25	kN	resistenza di progetto a taglio - lato calcestruzzo
VRd	95.75	kN	resistenza a taglio CON 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.

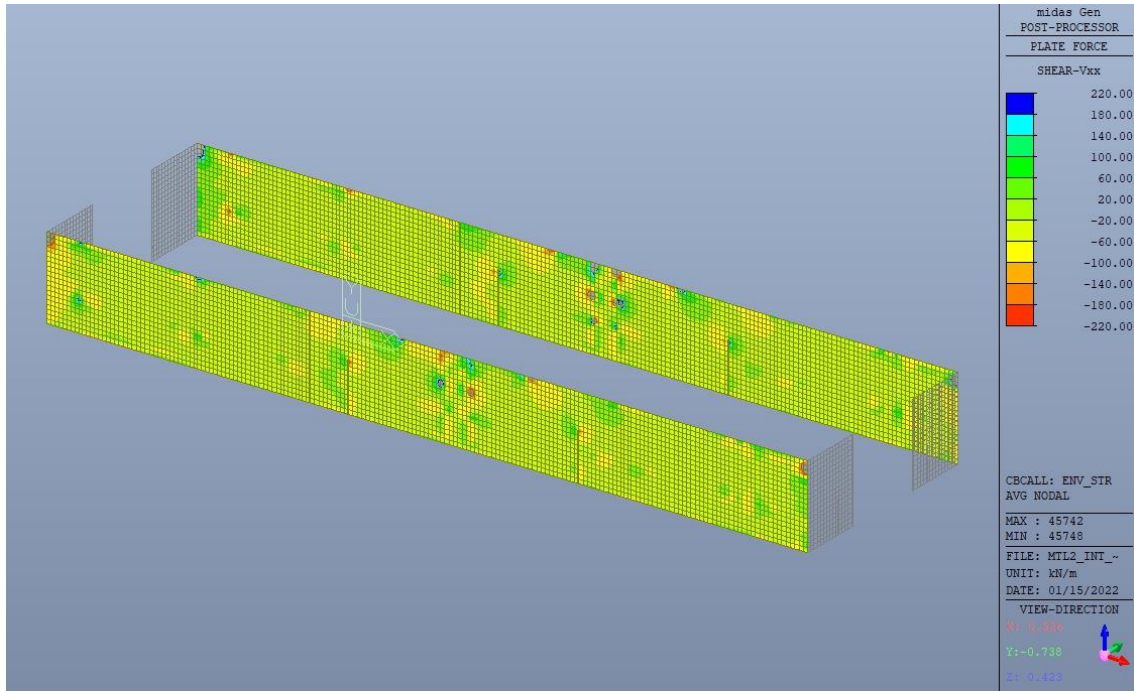


Figura 151. Fodere longitudinali – Resistenza a taglio Direzione X

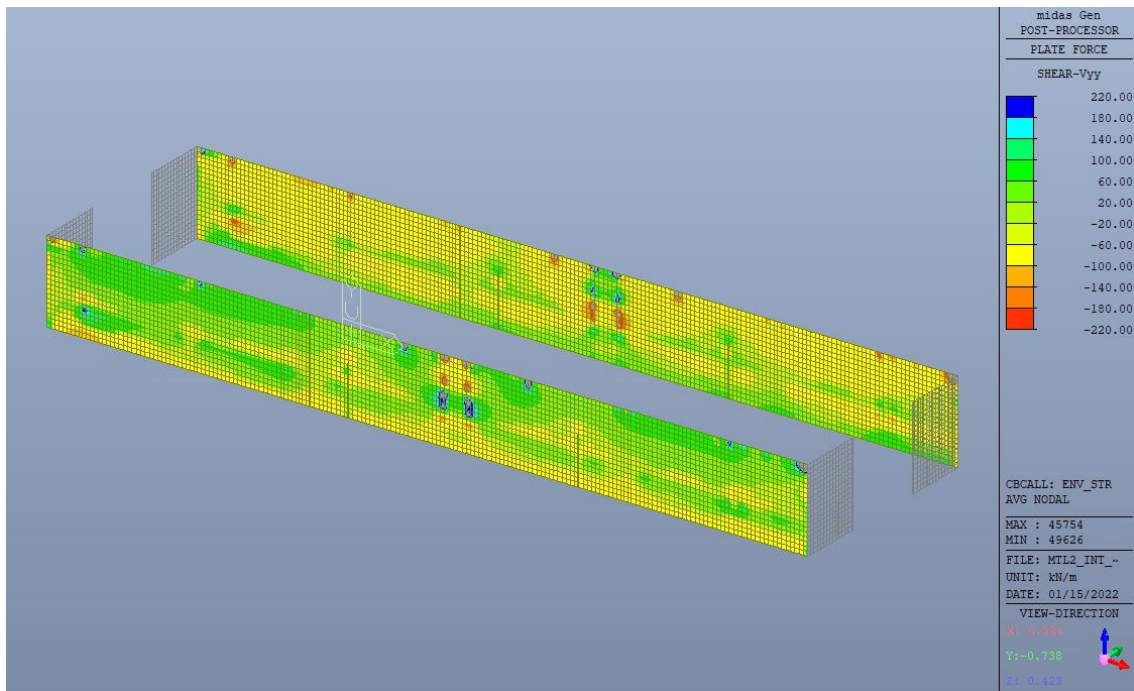


Figura 152. Fodere longitudinali – Resistenza a taglio Direzione Y

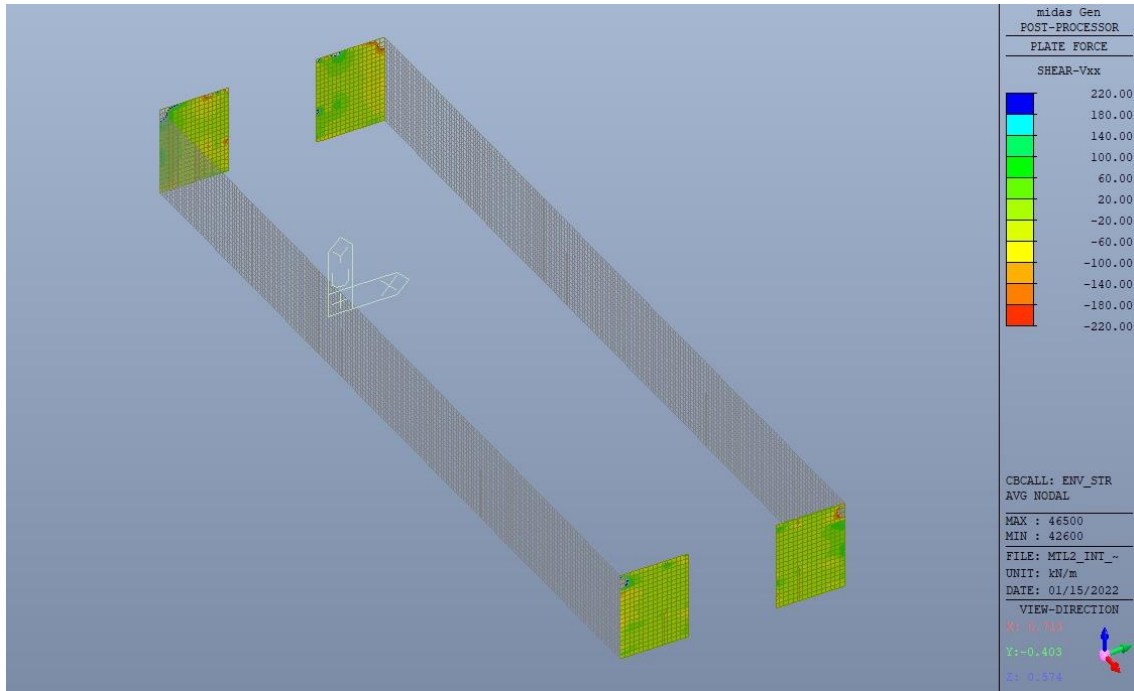


Figura 153. Fodere trasversali – Resistenza a taglio Direzione X

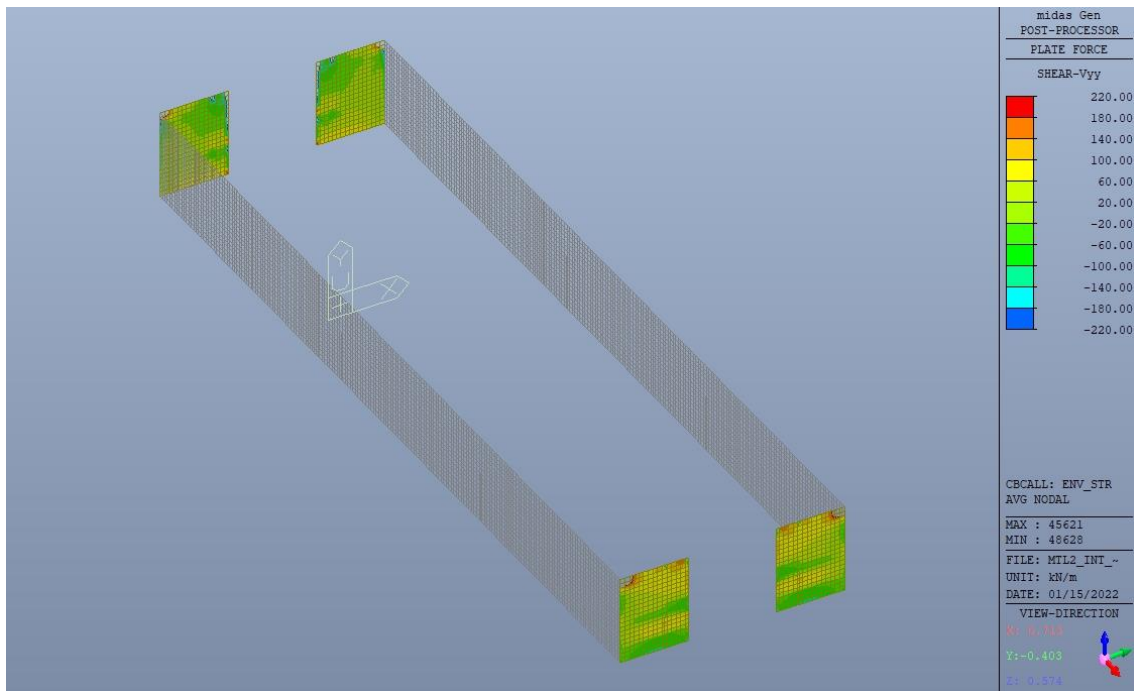


Figura 154. Fodere trasversali – Resistenza a taglio Direzione Y



14.2 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

14.2.1 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.

Di seguito si riporta la deformata calcolata, a favore di sicurezza, in condizione di creep (effetti a lungo termine dovuti al fluage) con un modulo elastico del cls E_c ridotto di un valore pari a 2.75.

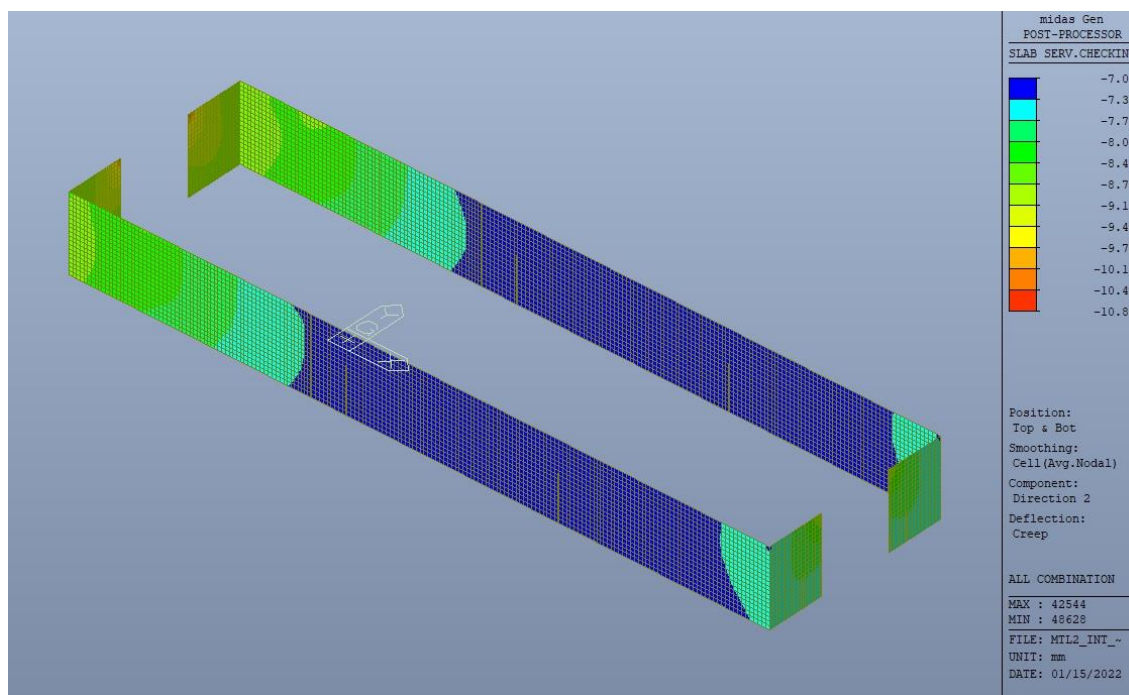


Figura 155. Massima deformazione – Sezione fessurata

Il massimo valore dell'abbassamento è pari a 10.83mm, compatibile con le prestazioni richieste.

La verifica è soddisfatta.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

14.2.2 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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (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.

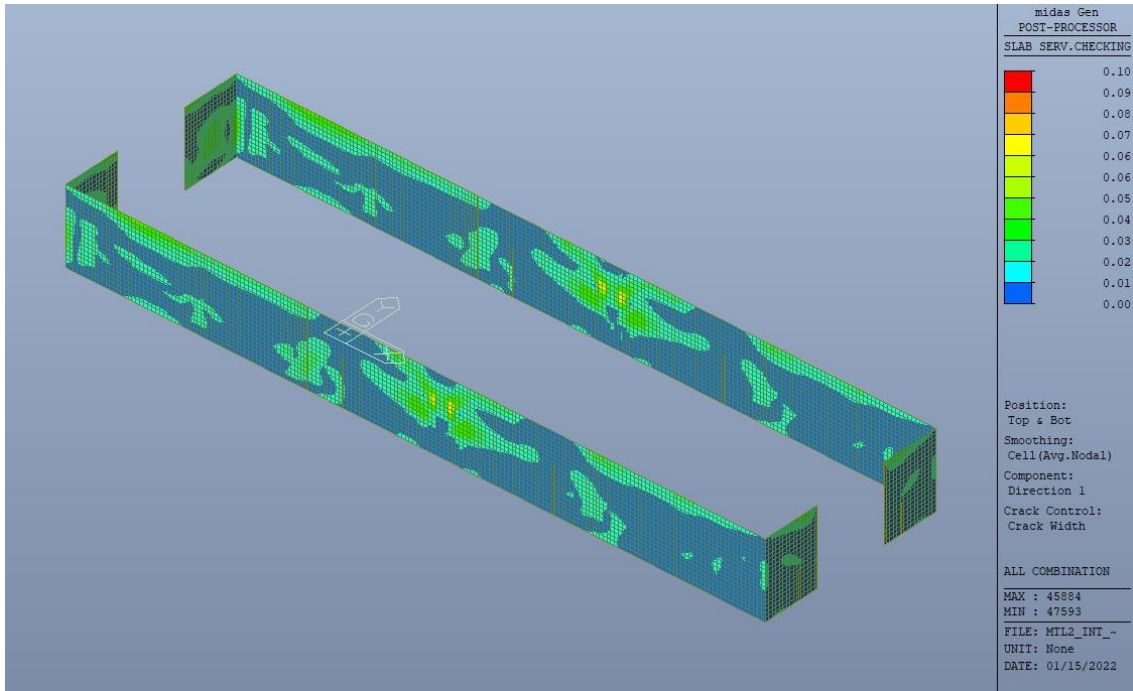


Figura 156. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 1

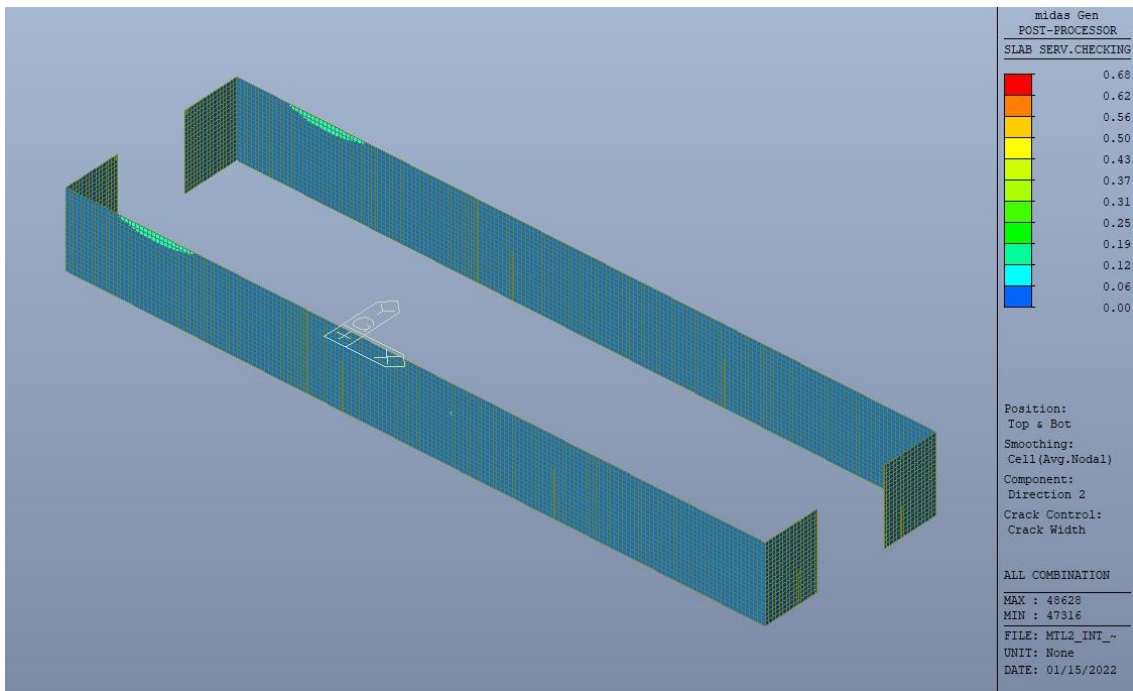



Figura 157. Apertura delle fessure - Ratio Direzione 2

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Come si evince, le zone in cui il ratio è maggiore di uno, sono localizzate ed in numero limitato rispetto alle dimensioni complessive del solettone di copertura.

Si può ritenere la verifica soddisfatta.

14.2.3 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.

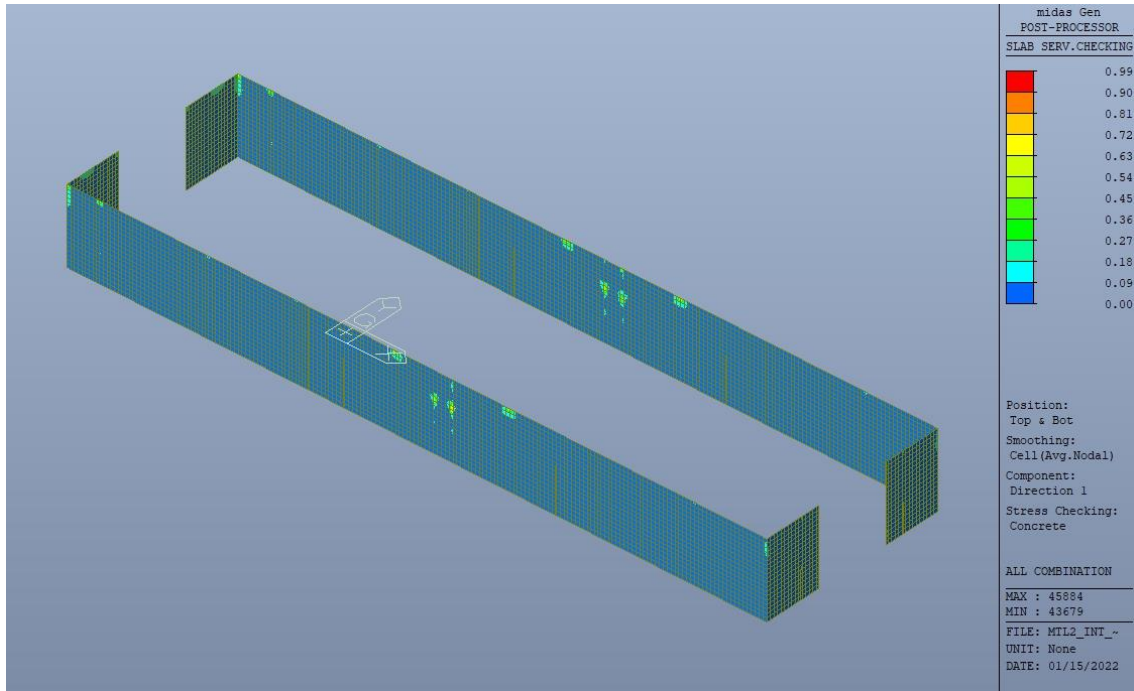


Figura 158. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 1

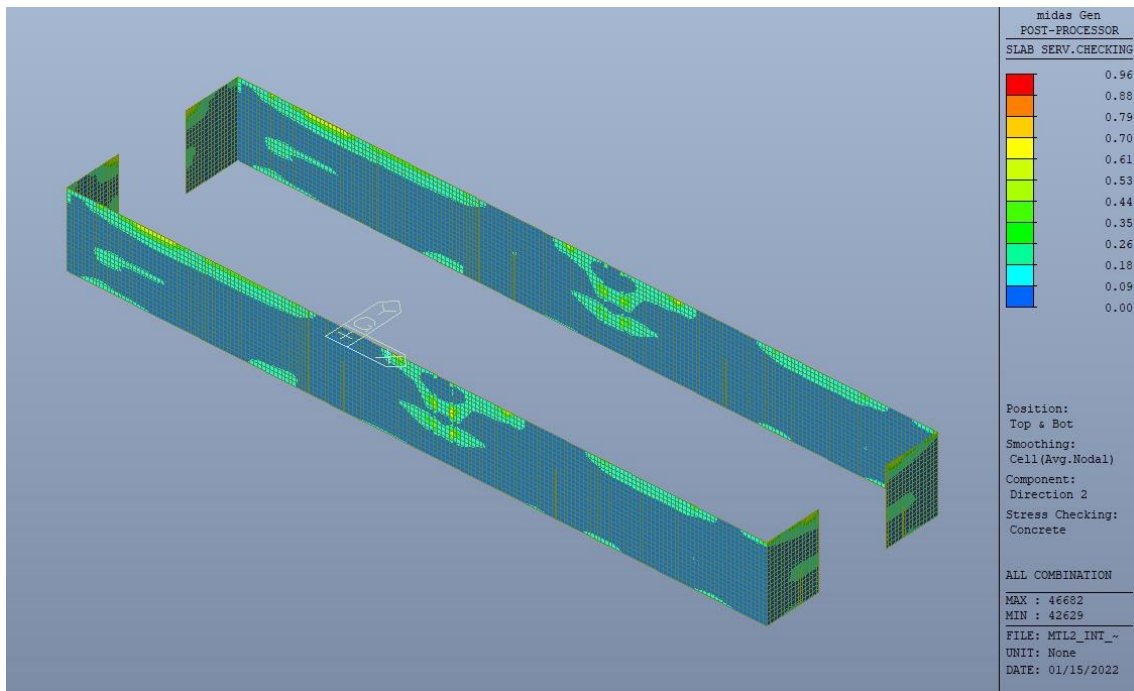


Figura 159. Tensioni calcestruzzo - Ratio Direzione 2

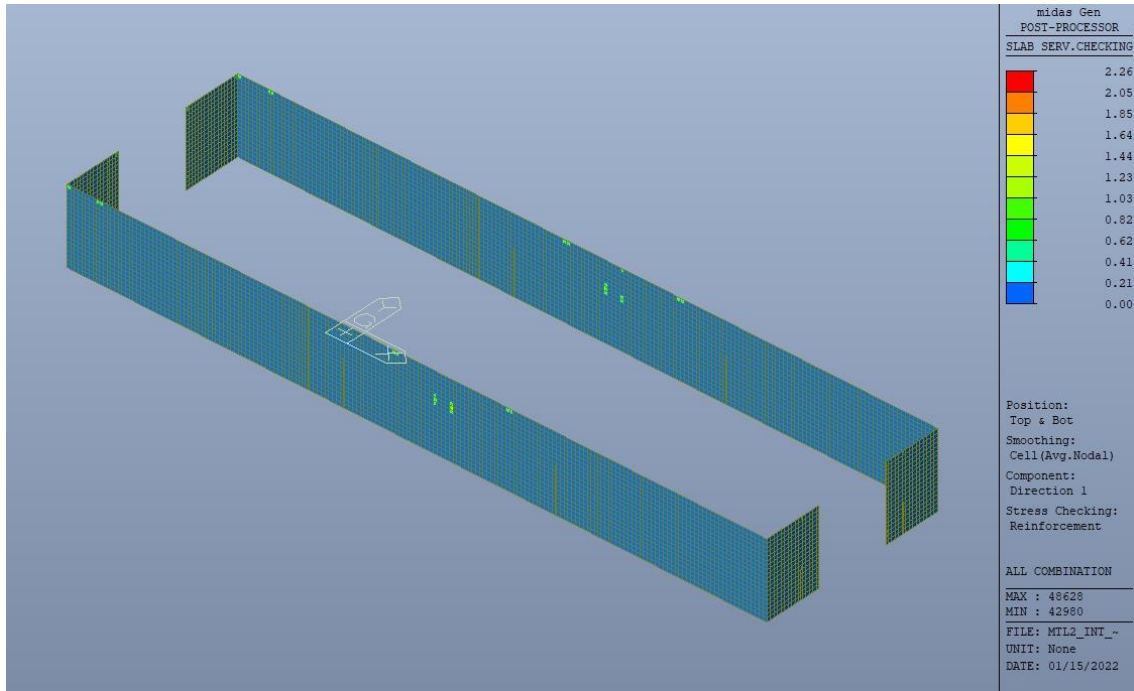


Figura 160. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1

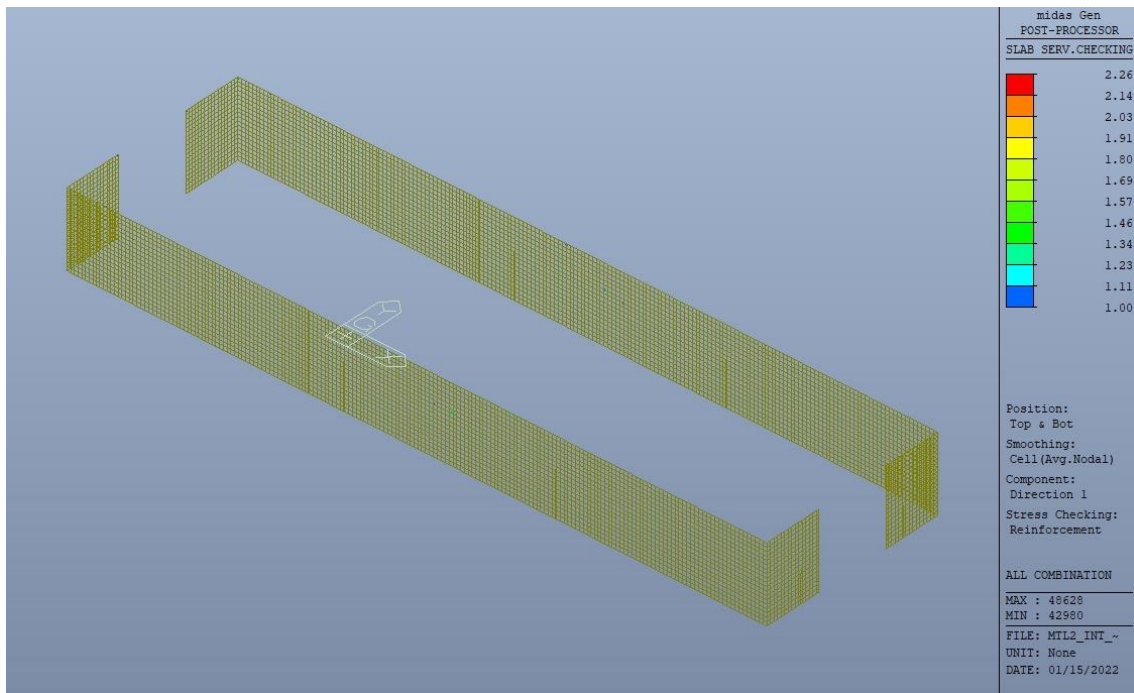


Figura 161. Tensioni armatura - Ratio Direzione 1 – Zone > 1

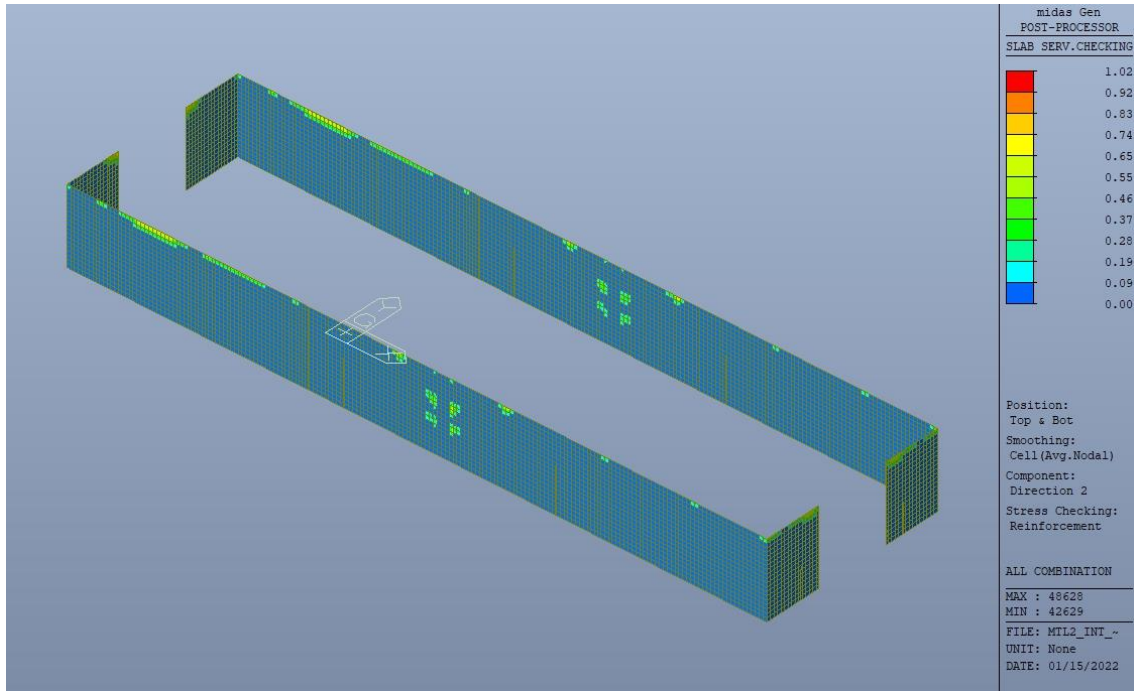


Figura 162. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2

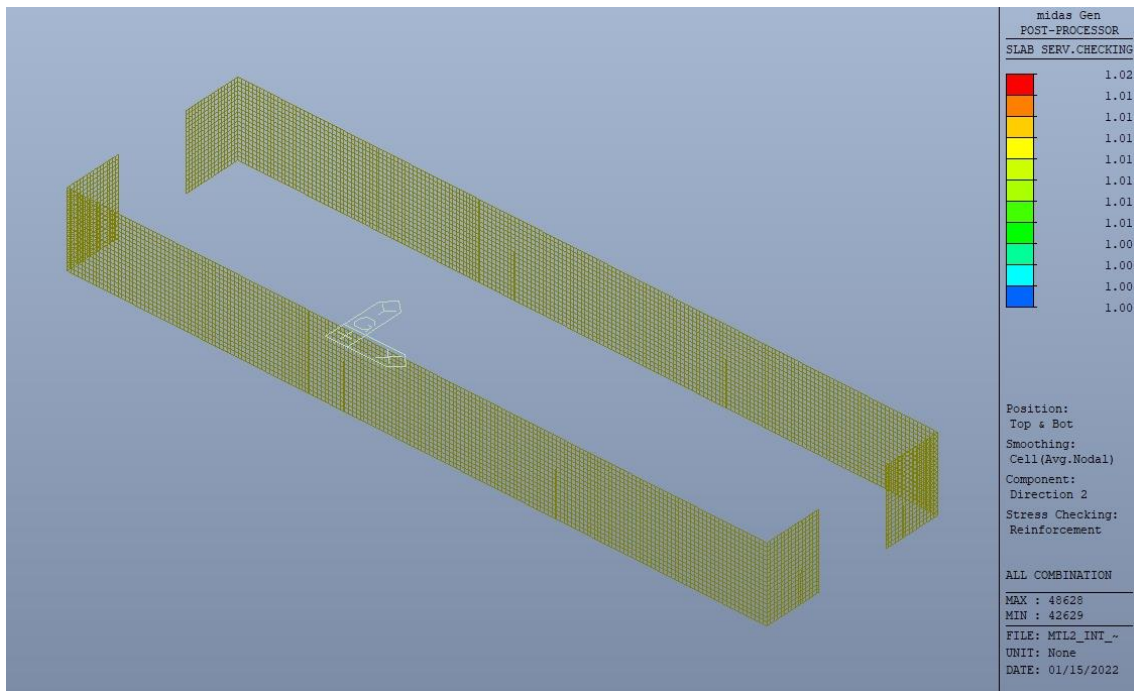


Figura 163. Tensioni armatura - Ratio Direzione 2 – Zone > 1

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.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.

15. VERIFICA DIAFRAMMI INTERNI

15.1 Verifica Stati Limite Ultimi – SLU e 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.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

15.1.1 Sollecitazioni

Le immagini successive riportano gli involuppi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU e SLV nelle due direzioni X e Y.

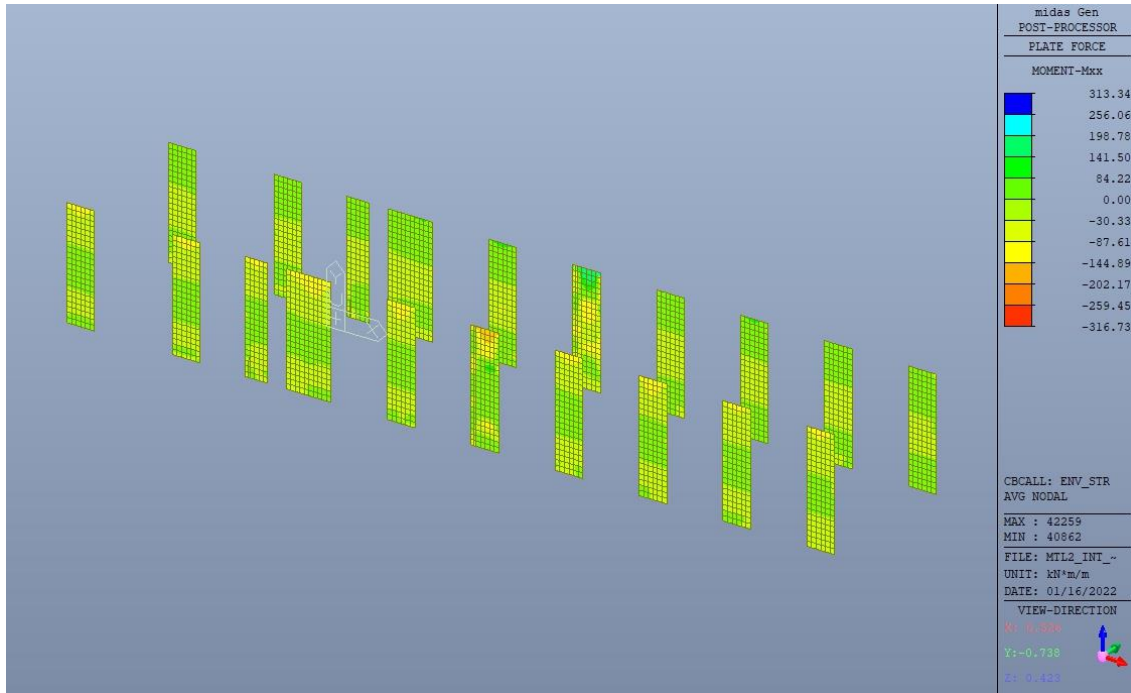


Figura 164. Diaframmi interni – Involuppo momento flettente M_{xx} – Direzione X

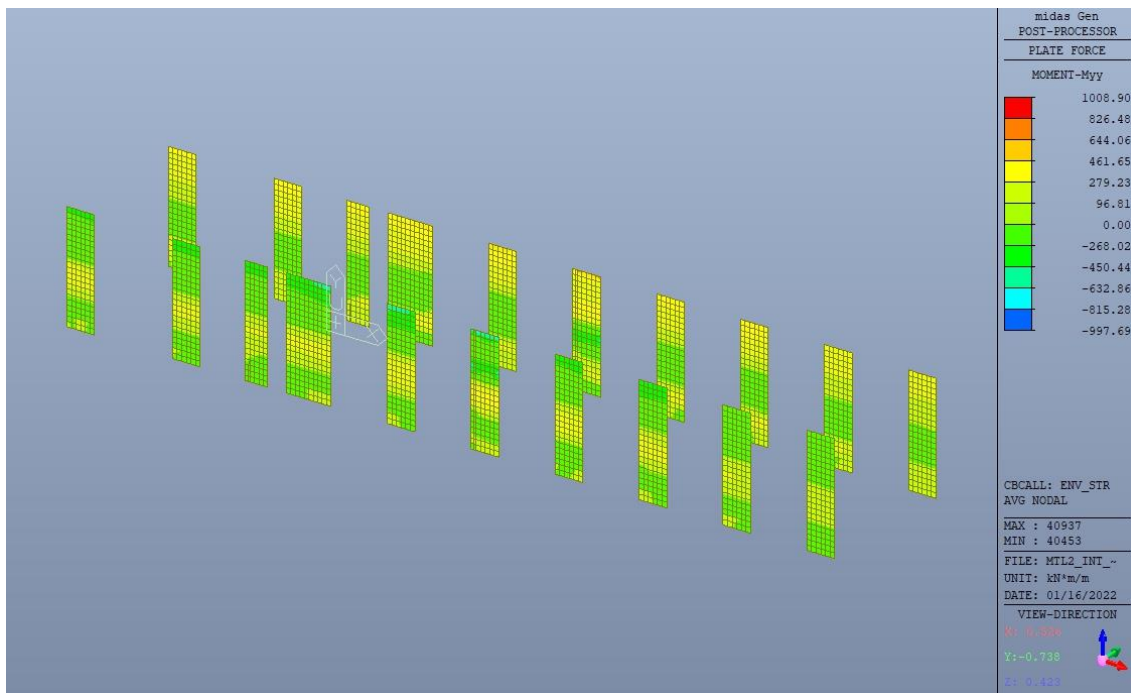


Figura 165. Diaframmi interni – Involuppo momento flettente M_{yy} – Direzione Y



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

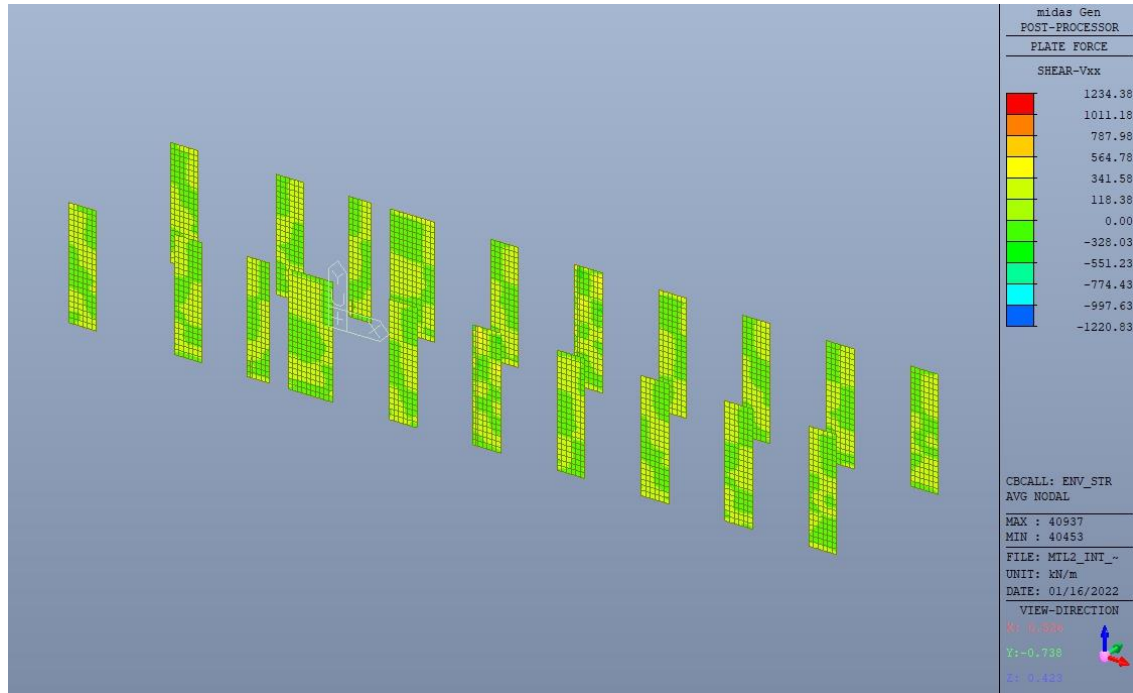


Figura 166. Diaframmi interni – Involuppo taglio V_{xx} – Direzione X

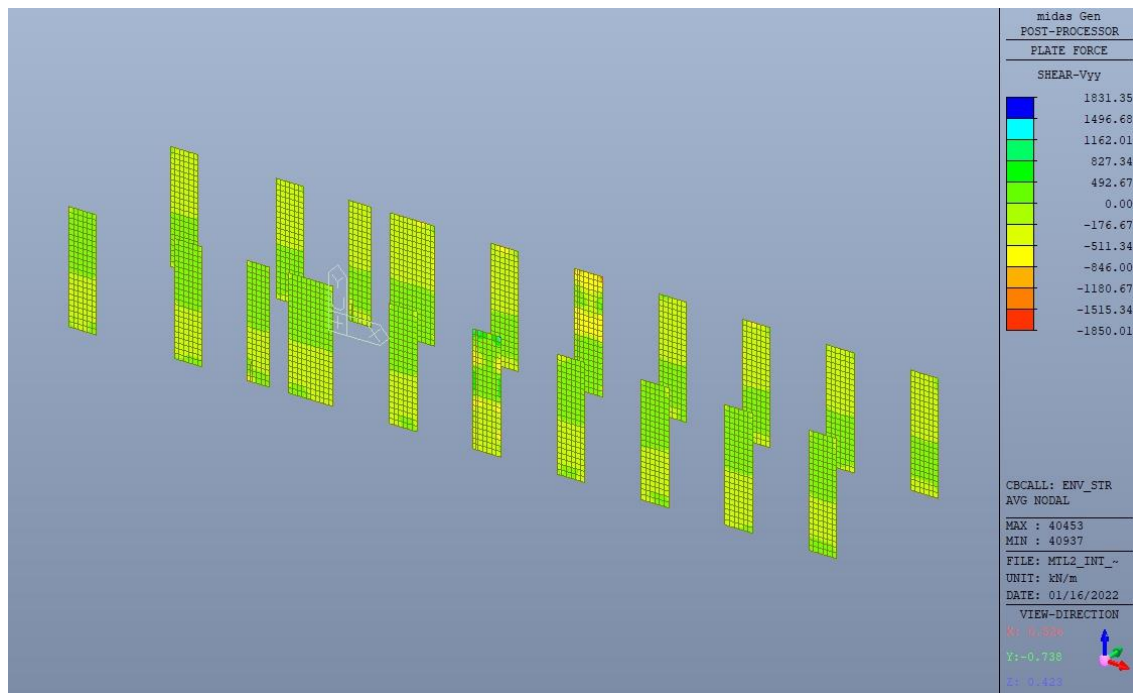


Figura 167. Diaframmi interni – Involuppo taglio V_{yy} – Direzione Y

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

15.1.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura verticale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per i pilastri pari a

$$A_{s,min} = 0.003 \cdot A_c$$

- A_c è l'area di cls.

Tabella 34. Armatura minima

Tipologia	b [cm]	h [cm]	Ac [cm2]	VERTICALE			ORIZZONTALE		
				As [cm2]	Asmin [cm2]	CK	As [cm2]	Asmin [cm2]	CK
Diaframma interno	100	60	6000	38	18.00	OK	15.7	-	NO

Nelle immagini seguenti sono riportate le armature superiori e inferiori nelle due direzioni D1 e D2.

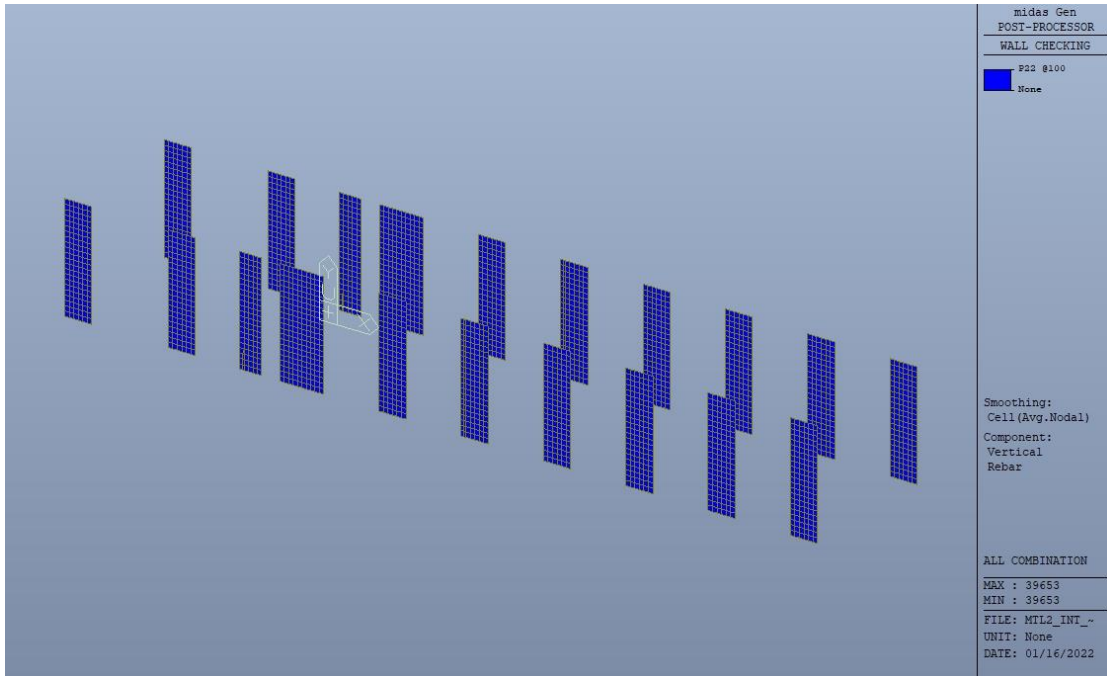


Figura 168. Diaframmi interni – Armatura verticale

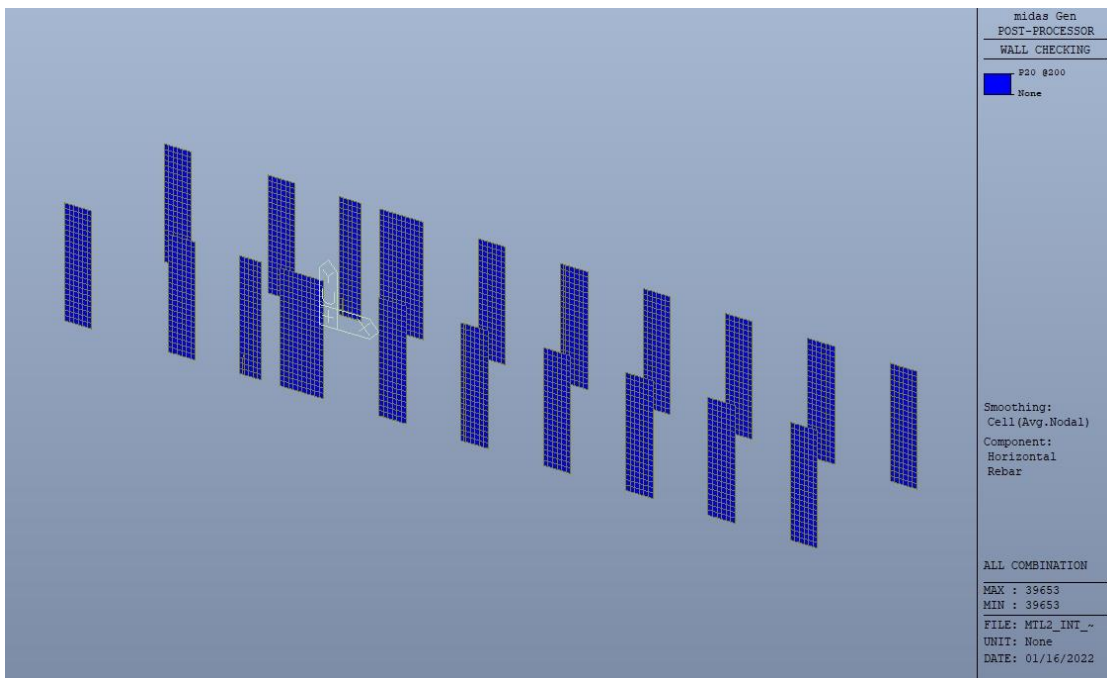


Figura 169. Diaframmi interni – Armatura orizzontale

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Nelle seguenti immagini vengono riportati i massimi tassi di lavoro a flessione e taglio dei singoli elementi strutturali nelle due direzioni D1 e D2 evidenziando, nel caso, quelli con un valore superiore all'unità indicatore che la verifica in oggetto non è soddisfatta.

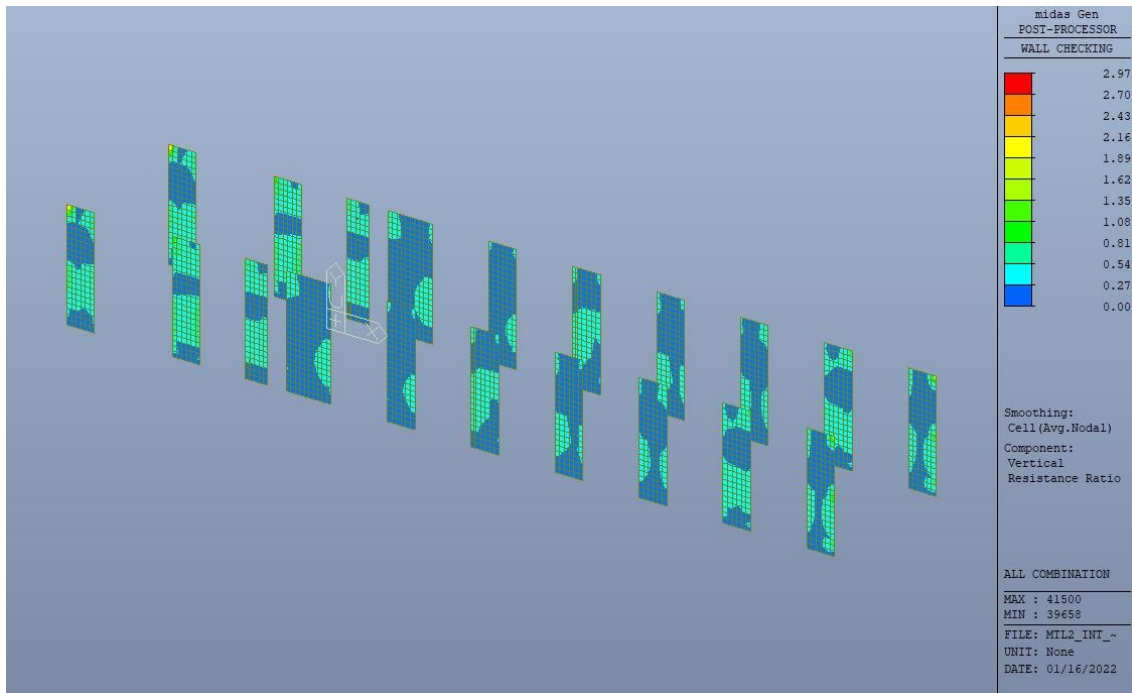


Figura 170. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura verticale

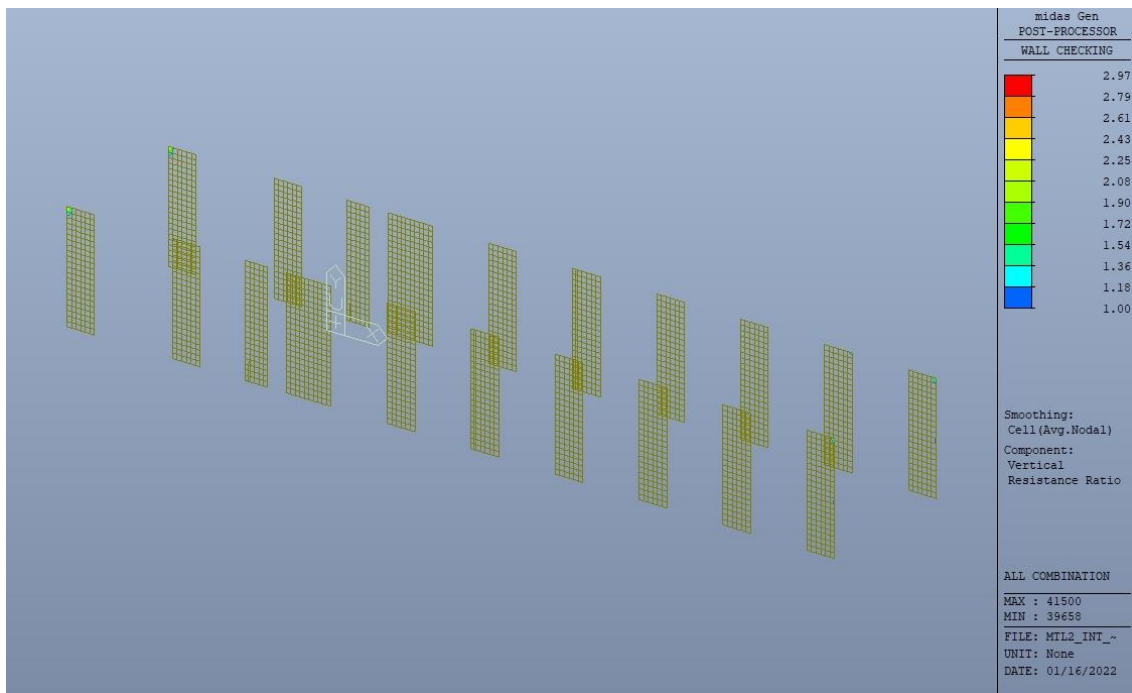


Figura 171. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura verticale – Zone > 1

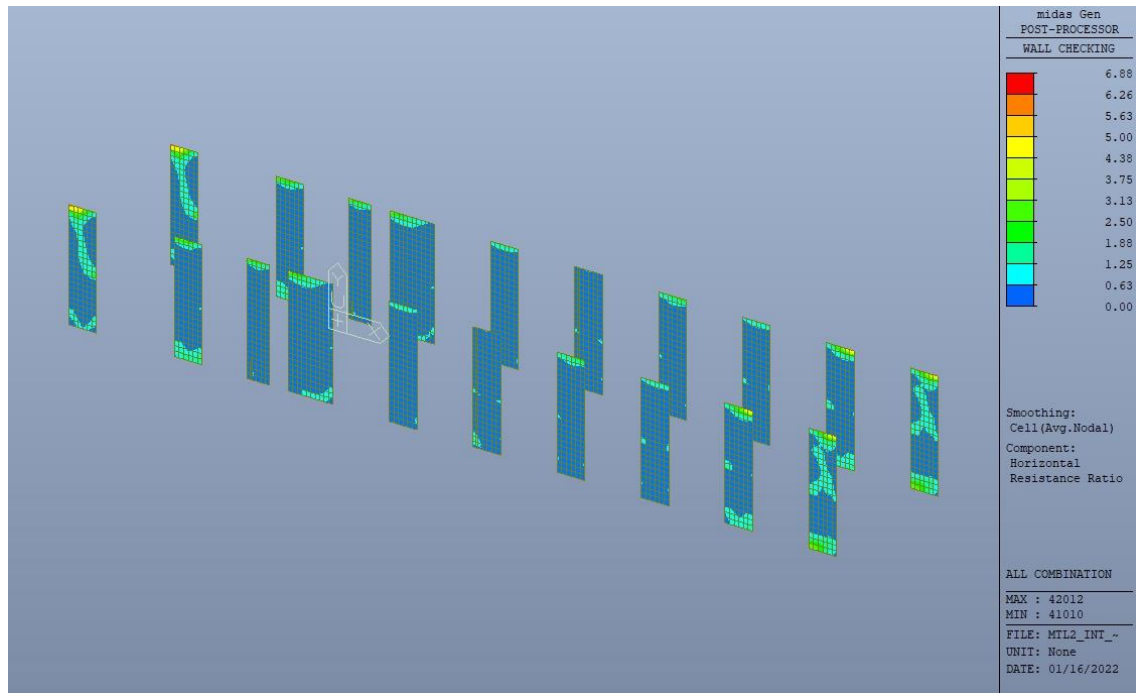


Figura 172. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura orizzontale

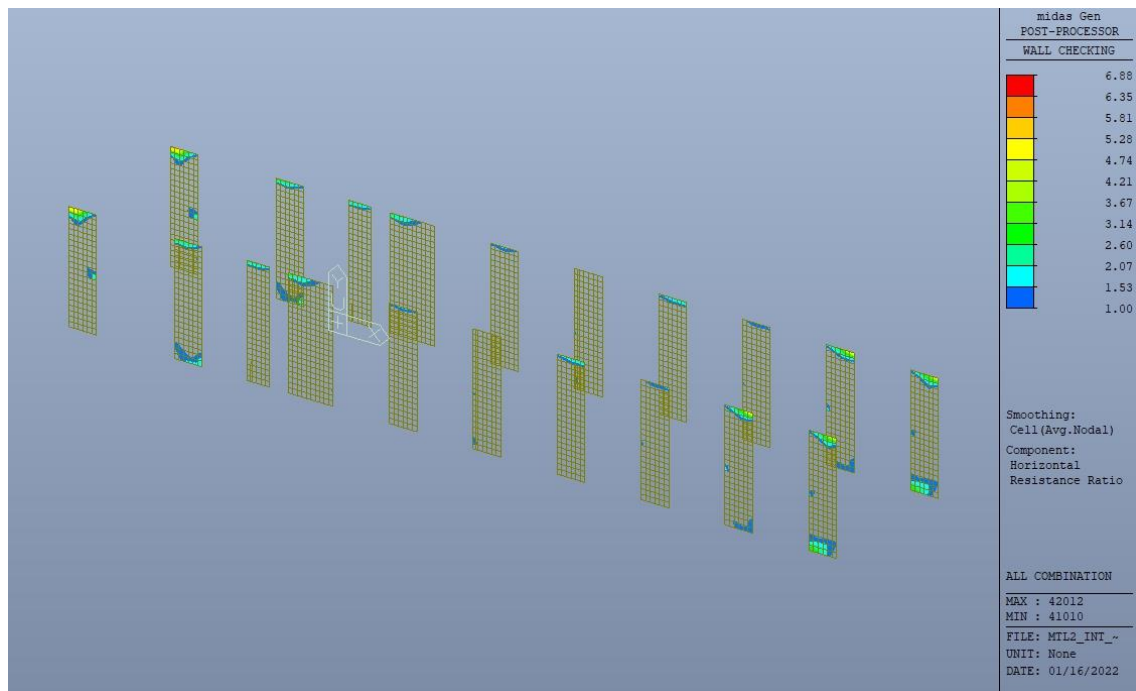


Figura 173. Diaframmi interni – Tasso di lavoro armatura orizzontale – Zone > 1



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.

Di seguitosi riportano i massimi valori di sforzo normale in combinazione SLU, rispettivamente per diaframmi interni ed esterni, da utilizzare per la verifica della capacità portante.

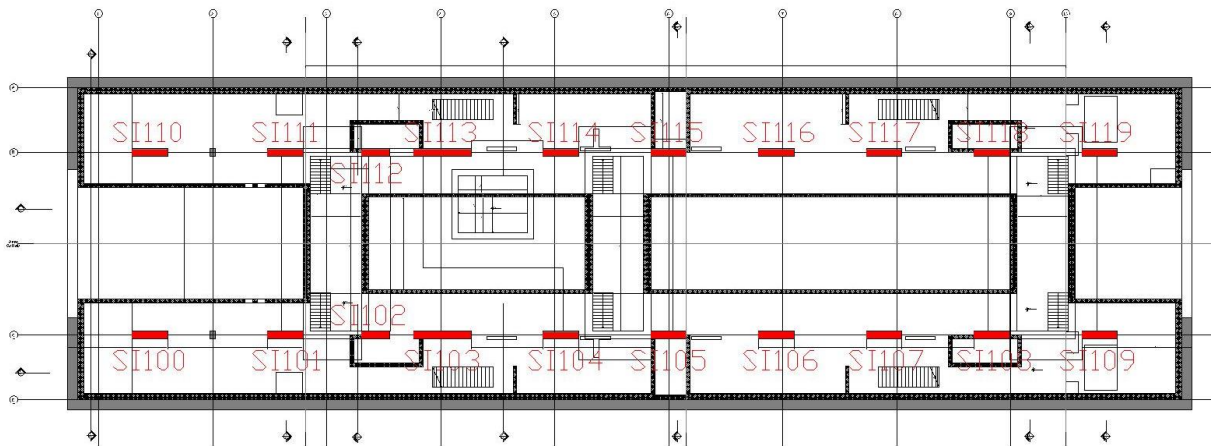


Figura 174. Diaframmi interni – Numerazione

Tabella 35. Diaframmi interni – Massimo sforzo normale (Fx)

Local Direction Force Sum

	Name	Load	Length (m)	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)	Mz (kN*m)
SLU	SI101	SLU_gLCB80	2.8	-10350.29	-198.57	28.99	-7.14	-1498.4	261.61

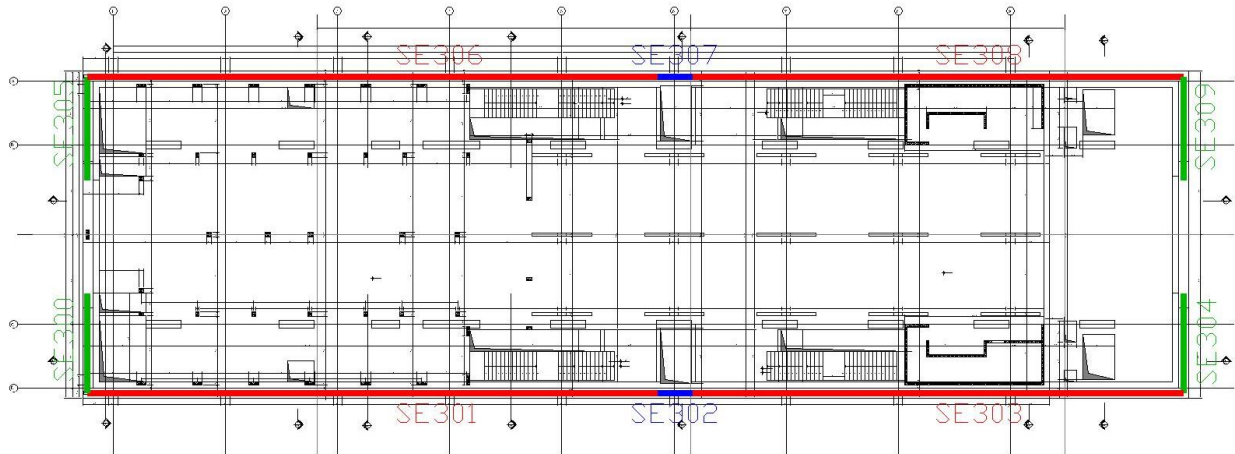


Figura 175. Diaframmi esterni – Numerazione

Tabella 36. Diaframmi perimetrali – Massimo sforzo normale (Fx)

Local Direction Force Sum

	Name	Load	Length (m)	Fx (kN)	Fy (kN)	Fz (kN)	Mx (kN*m)	My (kN*m)	Mz (kN*m)
SLU	SE301	SLU_gLCB96	45.80	-6510.59	-	-	-	-	-

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

16. SCALA DI ACCESSO AL PIANO BANCHINA

La scala di accesso al piano banchina è a pianta rettilinea avente larghezza 2.30m e caratterizzata da tre rampe e due pianerottoli intermedi di riposo; realizzata con soletta piena in c.a. dello spessore di 30 cm, data la sua lunghezza è stato previsto un appoggio intermedio in corrispondenza della seconda rampa.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

16.1 Sollecitazioni

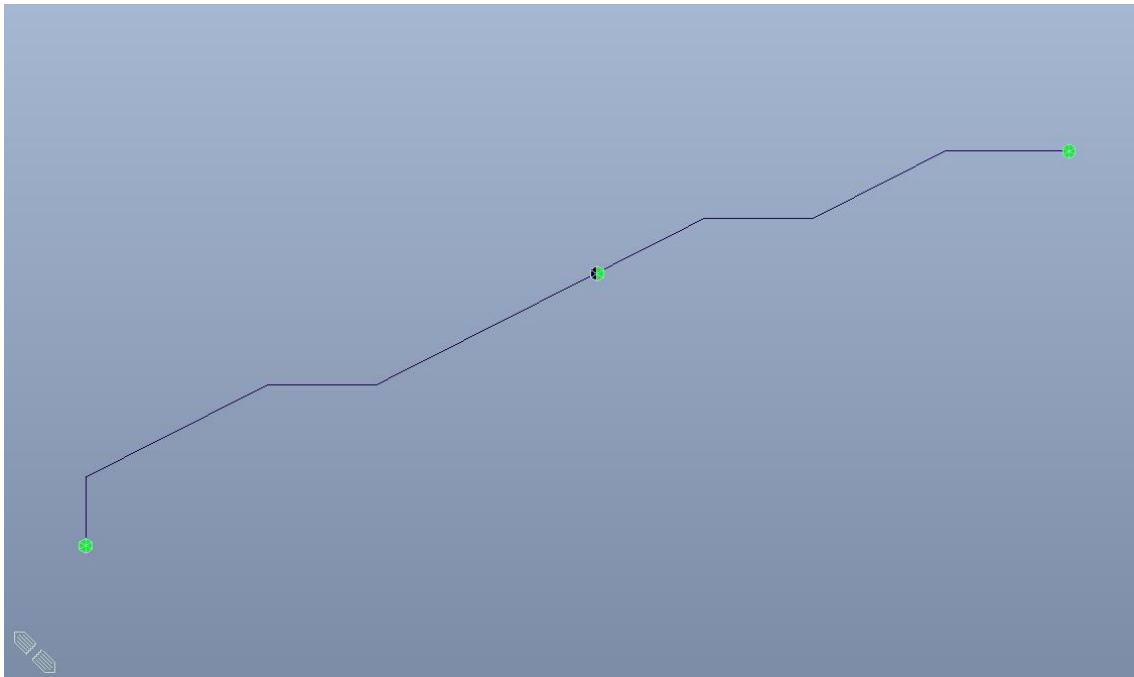


Figura 176. Schema statico scala di accesso piano banchina

Le immagini successive riportano gli involuipi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU.

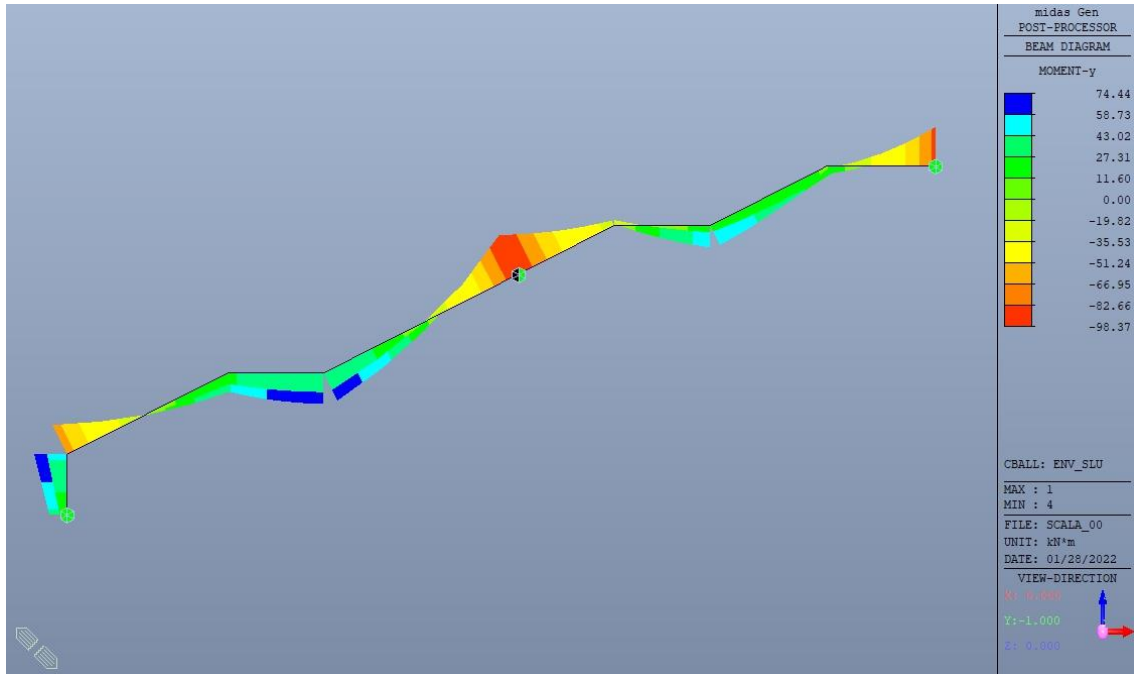


Figura 177. Momento flettente di calcolo M_{Ed} - SLU

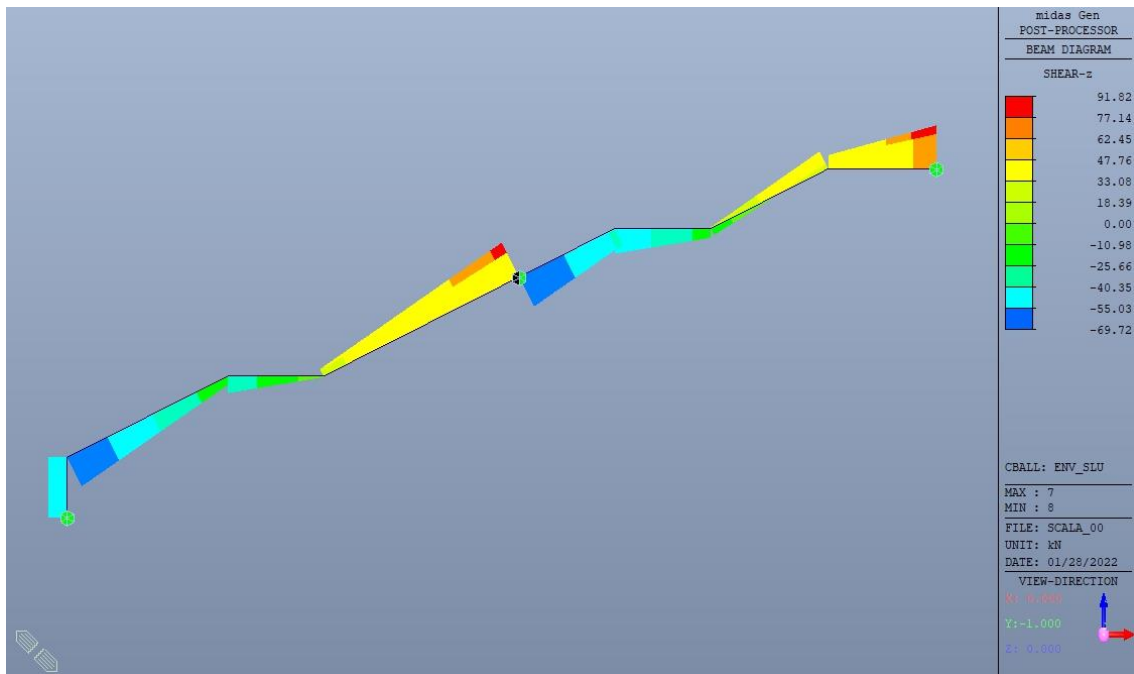


Figura 178. Azione di taglio V_{Ed} - SLU

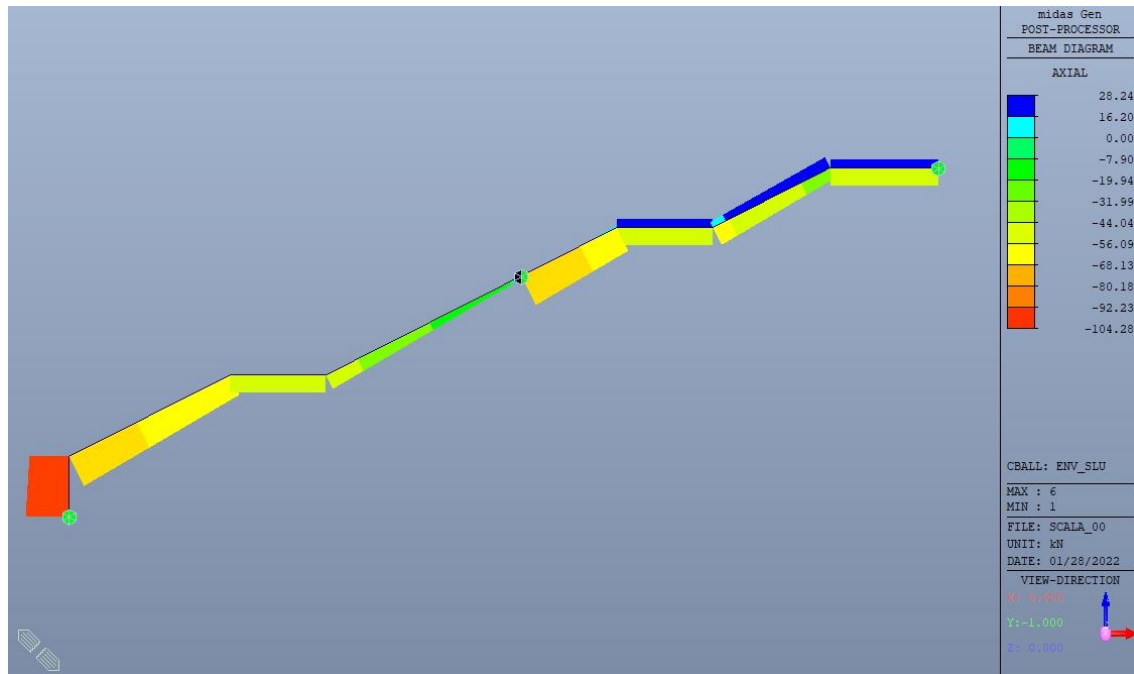


Figura 179. Sforno normale di calcolo N_{Ed} - SLU

16.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura longitudinale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per le travi pari a

$$A_{s,min} = 0.26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_t \cdot h$$

dove:

- f_{ctm} è il valore medio della resistenza a trazione del cls;
- f_{yk} è il valore caratteristico della resistenza a trazione dell'armatura;
- b_t è la larghezza media della zona tesa;
- h è l'altezza della sezione.



Tabella 37. Armatura minima

Tipologia	b [cm]	h [cm]	A _c [cm ²]	A _s [cm ²]	A _{smin} [cm ²]	CK
Soletta H30	100	30	3000	10.49	5.02	OK

La verifica è stata condotta su una striscia di larghezza unitaria.

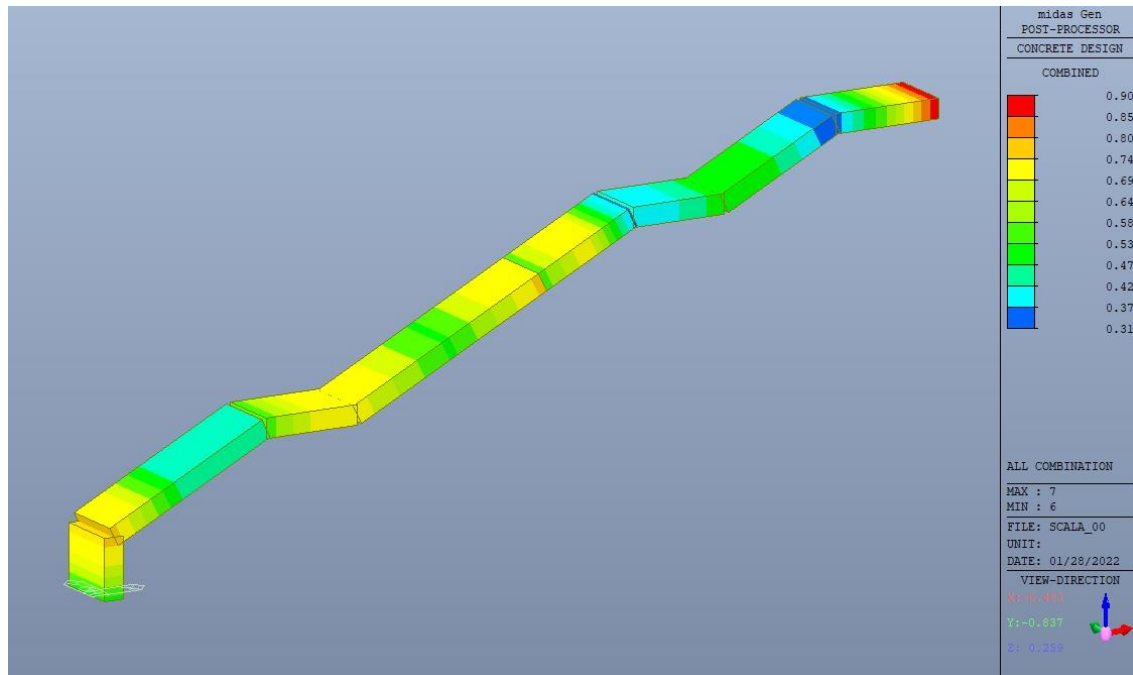


Figura 180. Massimo tasso di lavoro elementi strutturali - SLU

Eurocode2:04 RC-Beam Checking Result Dialog

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

Sorted by: Member Property Results: Strength Serviceability

MEMB	SECT	Span	Section			f _{yk}	P O S	CHK	Rebar				Negative Moment Strength				Positive Moment Strength				Shear Strength						
			Bc	Hc	bf				hf	f _{tw}	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
0			RAMPA	30000	0	30000	I	OK	0.0020	0.0010	98.3673	3	0.21	176.645	0.56	69.6200	1	0.16	96.8539	0.72	68.3314	1	130.331	2.28913	0.52	29.85	0.52
1				1.000	0.300	450000	M	OK	0.0010	0.0010	71.2671	3	0.16	96.8539	0.74	67.2636	1	0.16	96.8539	0.69	76.0189	3	130.331	2.28913	0.58	33.21	0.58
3.3743				0.000	0.000	450000	J	OK	0.0014	0.0010	98.3673	3	0.18	128.956	0.76	74.4399	1	0.16	96.8539	0.77	91.8213	3	130.331	2.28913	0.70	40.11	0.70

Connect Model View: Select All Unselect All

Result View Option: All OK NG

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

Figura 181. Tabella riassuntiva verifiche

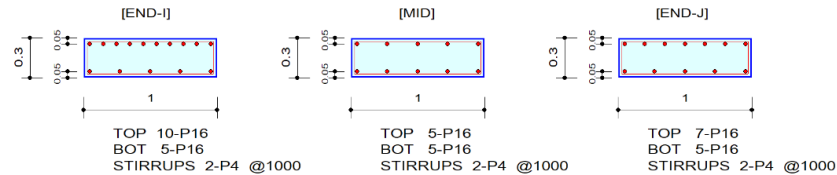


midas Gen RC Beam Strength Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...\Scala\Scala_00.mgb

1. Design Information

Design Code	Eurocode2:04 & NTC2018	Unit System	kN, m
Material Data	f _{ck} = 30000, f _{yk} = 450000, f _{yw} = 450000 KPa		
Section Property	RAMPA (No : 1)	Beam Span	3.37434m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	3	3	3
Moment (M _{Ed})	98.37	71.27	98.37
Factored Strength (M _{Rd})	176.64	96.85	128.96
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.5569	0.7358	0.7628
Neutral Axis (x/d)	0.2148	0.1626	0.1816
(+) Load Combination No.	1	1	1
Moment (M _{Ed})	69.62	67.26	74.44
Factored Strength (M _{Rd})	96.85	96.85	96.85
Check Ratio (M _{Ed} /M _{Rd})	0.7188	0.6945	0.7686
Neutral Axis (x/d)	0.1626	0.1626	0.1626
Using Rebar Top (As _{top})	0.0020	0.0010	0.0014
Using Rebar Bot (As _{bot})	0.0010	0.0010	0.0010

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	1	3	3
Factored Shear Force (V _{Ed})	68.33	76.02	91.82
V _{Rdc}	130.33	130.33	130.33
V _{Rds}	2.29	2.29	2.29
V _{Rdmax}	956.25	956.25	956.25
Using Shear Reinf. (As _w)	0.0000	0.0000	0.0000
Using Stirrups Spacing	2-P4 @1000	2-P4 @1000	2-P4 @1000
V _{Ed} / V _{Rdc}	0.5243	0.5833	0.7045
V _{Ed} / min(V _{Rds} , V _{Rdmax})	29.8504	33.2086	40.1119
Check Ratio	0.5243	0.5833	0.7045

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

16.3 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

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.

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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (0.3mm) combinazioni SLE Quasi Permanente.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

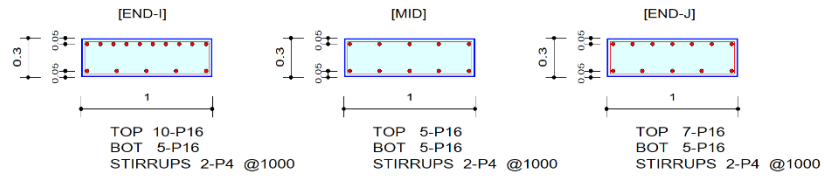


midas Gen RC Beam Serviceability Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...\Scala\Scala_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	RAMPA (No : 1)	Beam Span	3.37434m



2. Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	6(C)	6(C)	6(C)	6(C)	5(C)	5(C)
Stress(s)	-7528.74	-159746.61	3122.59	25358.60	-8680.01	-272676.20
Allowable Stress(sa)	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00
Stress Ratio(s/sa)	0.4183	0.4437	0.1735	0.0704	0.4822	0.7574
(+) Load Combination No.	4(C)	4(C)	4(C)	4(C)	4(C)	4(C)
Stress(s)	3044.67	24725.87	2941.13	23884.98	3255.70	26439.65
Allowable Stress(sa)	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00
Stress Ratio(s/sa)	0.1691	0.0687	0.1634	0.0663	0.1809	0.0734

3. Check Linear Creep

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	12(Q)	12(Q)	12(Q)
Stress(s)	3732.55	2761.54	3778.03
Allowable Stress(sa)	13500.00	13500.00	13500.00
Stress Ratio(s/sa)	0.2765	0.2046	0.2799
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep
(+) Load Combination No.	10(Q)	10(Q)	10(Q)
Stress(s)	2656.78	2565.35	2840.76
Allowable Stress(sa)	13500.00	13500.00	13500.00
Stress Ratio(s/sa)	0.1968	0.1900	0.2104
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

midas Gen RC Beam Serviceability Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...\Scala\Scala_00.mgb

4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	10(Q)	12(Q)	9(F)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.0819	0.0796	0.4917
(+) Load Combination No.	10(Q)	10(Q)	10(Q)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.0766	0.0739	0.0819

5. Deflection Control

L/250 = 0.005920 > 0.0002 (LCB:4, POS: 0.7m from END-I)..... O.K

Tutte le verifiche sono soddisfatte.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

17. VASCA DI AGGOTTAMENTO

La vasca di aggotamento ha dimensioni interne 5.50x4.50x3.55h m ed è situata sotto la platea di fondazione ad una quota di estradosso interna di -14.05m; è delimitata da muri in c.a. dello spessore di 50cm realizzati tradizionalmente.

Nel seguito si riportano sinteticamente i principali risultati delle analisi.

17.1 Sollecitazioni

I carichi agenti considerati per le verifiche strutturali sono i seguenti

- La pinta del terreno (per la porzione al di sotto della platea);
- I sovraccarichi permanenti;
- Il carico variabile del treno.

La verifica è stata condotta analizzando una striscia unitaria di muro con il seguente schema statico:

- Mensola verticale;
- Vincolo al piede: incastro;
- Vincolo in testa: cerniera (per massimizzare il momento positivo lungo l'elemento).

A favore di sicurezza non sono stati considerati i carichi verticali stabilizzanti trasmessi dalla platea di fondazione.



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

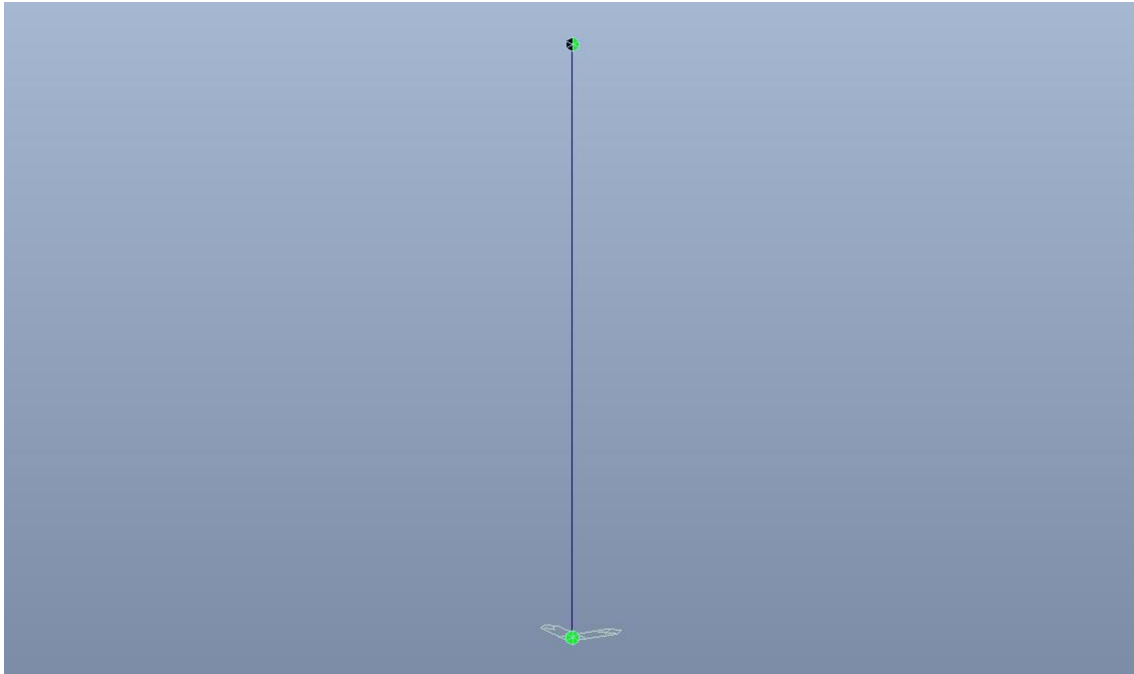


Figura 182. Schema statico muro verticale

Le immagini successive riportano gli involuipi delle sollecitazioni per gli Stati Limite SLU.

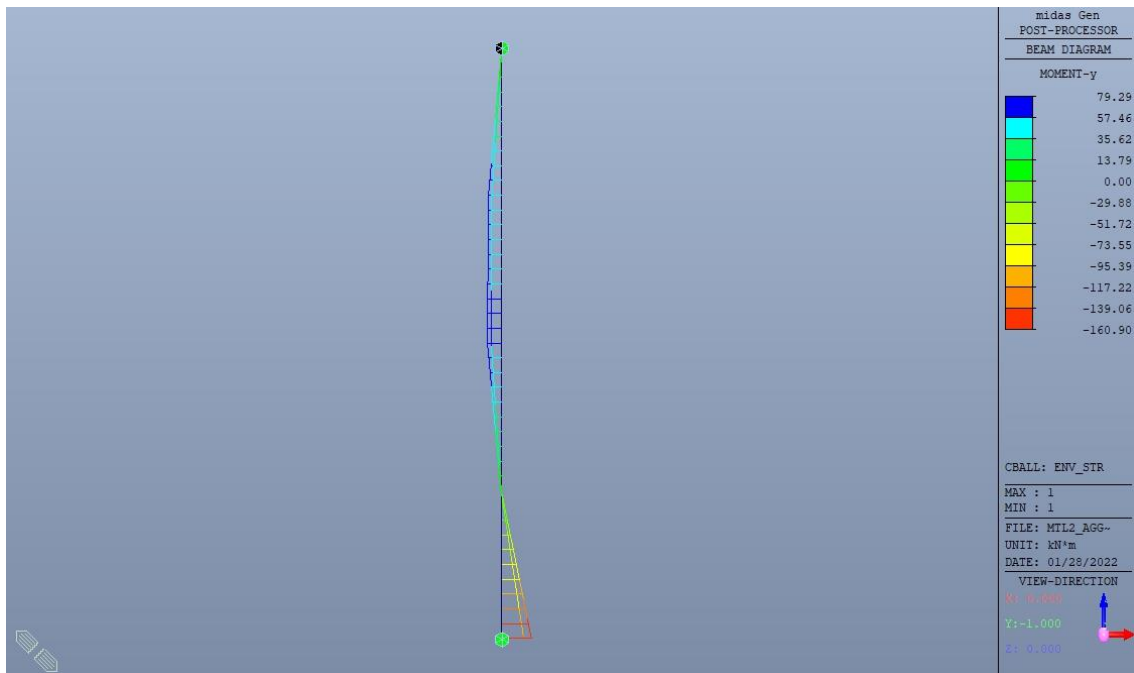


Figura 183. Momento flettente di calcolo M_{Ed} - SLU

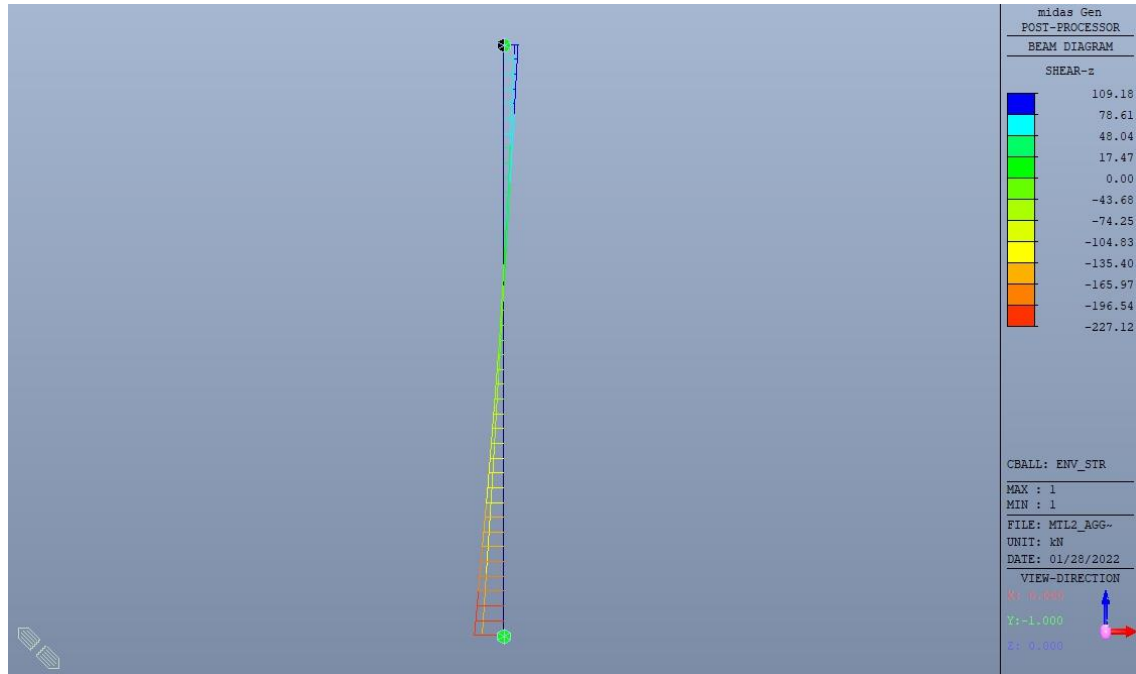


Figura 184. Azione di taglio di calcolo V_{Ed} - SLU

17.2 Verifiche strutturali

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.

Come valore minimo dell'armatura verticale si è considerato quanto riportato nel par. 4.1.6 delle NTC2018, ossia il quantitativo minimo riportato per i pilastri pari a

$$A_{s,min} = 0.003 \cdot A_c$$

- A_c è l'area di cls.

Tabella 38. Armatura minima

Tipologia	b [cm]	h [cm]	A_c [cm ²]	A_s [cm ²]	$A_{s,min}$ [cm ²]	CK
Muro s50	100	50	5000	15.70	15.00	OK

La verifica è stata condotta su una striscia di larghezza unitaria.

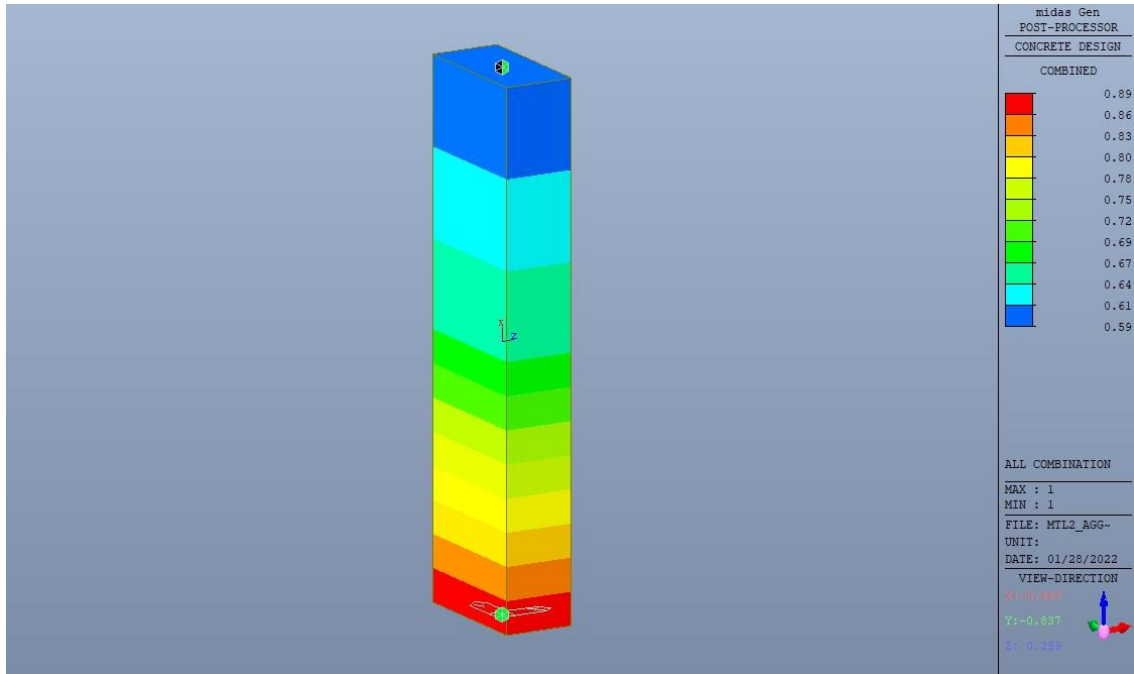


Figura 185. Massimo tasso di lavoro – SLU

Eurocode2:04 RC-Beam Checking Result Dialog

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

Sorted by Member Results Strength SECT MEMB
 Property Serviceability

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			SEZ_1	30000.0	30000.0	I	OK	0.0016	0.0016	160.896	1	0.18	254.052	0.63	5.05781	1	0.18	254.052	0.02	165.128	2	186.418	278.217	0.89	0.59	0.89
1			1.000	0.500	450000	M	OK	0.0016	0.0016	0.00000	2	0.18	254.052	0.00	79.2947	1	0.18	254.052	0.31	124.338	1	186.418	278.217	0.67	0.45	0.67
38000			0.000	0.000	450000	J	OK	0.0016	0.0016	0.00000	2	0.18	254.052	0.00	73.6603	1	0.18	254.052	0.29	109.184	1	186.418	278.217	0.59	0.39	0.59

Connect Model View

 End 1. Mid. End 2.

Result View Option
 All OK NG

Figura 186. Tabella riassuntiva verifiche



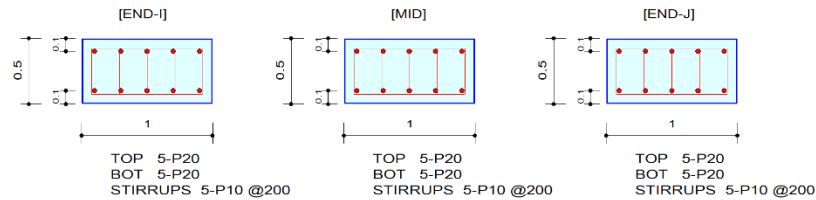
midas Gen

RC Beam Strength Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_AGGOTT_M01_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	SEZ_1 (No : 1)	Beam Span	3.8m



2. Bending Moment Capacity

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	1	2	2
Moment (M_Ed)	160.90	0.00	0.00
Factored Strength (M_Rd)	254.05	254.05	254.05
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.6333	0.0000	0.0000
Neutral Axis (x/d)	0.1843	0.1843	0.1843
(+) Load Combination No.	1	1	1
Moment (M_Ed)	5.06	79.29	73.66
Factored Strength (M_Rd)	254.05	254.05	254.05
Check Ratio (M_Ed/M_Rd)	0.0199	0.3121	0.2899
Neutral Axis (x/d)	0.1843	0.1843	0.1843
Using Rebar Top (As_top)	0.0016	0.0016	0.0016
Using Rebar Bot (As_bot)	0.0016	0.0016	0.0016

3. Shear Capacity

	END-I	MID	END-J
Load Combination No.	2	1	1
Factored Shear Force (V_Ed)	165.13	124.34	109.18
V_Rdc	186.42	186.42	186.42
V_Rds	278.22	278.22	278.22
V_Rdmax	1530.00	1530.00	1530.00
Using Shear Reinf. (Asw)	0.0020	0.0020	0.0020
Using Stirrups Spacing	5-P10 @200	5-P10 @200	5-P10 @200
V_Ed / V_Rdc	0.8858	0.6670	0.5857
V_Ed / min(V_Rds, V_Rdmax)	0.5935	0.4469	0.3924
Check Ratio	0.8858	0.6670	0.5857

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

17.3 Verifica Stati Limite di Esercizio - SLE

Si deve verificare il rispetto dei seguenti stati limite:

- deformazione;
- fessurazione;
- limitazione delle tensioni di esercizio.

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.

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 XC3;
- classe ambientale ordinaria;
- armatura poco sensibile;
- valore limite apertura delle fessure w_3 (0.4mm) combinazioni SLE Frequente;
- valore limite apertura delle fessure w_2 (0.3mm) combinazioni SLE Quasi Permanente.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

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.

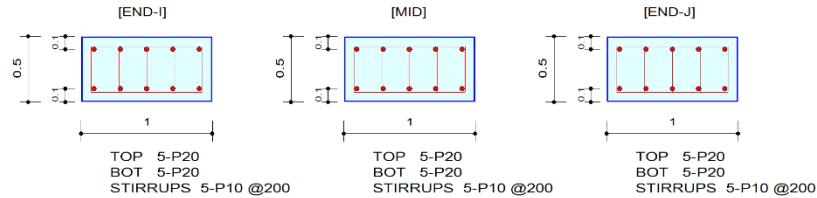


midas Gen **RC Beam Serviceability Checking Result**

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_AGGOTT_M01_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	SEZ_1 (No : 1)	Beam Span	3.8m



2. Stress Check

	END-I		MID		END-J	
	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar	Concrete	Rebar
(-) Load Combination No.	3(C)	3(C)	5(Q)	5(Q)	5(Q)	5(Q)
Stress(s)	2392.86	17489.24	0.00	0.00	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	18000.00	360000.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	0.1329	0.0486	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
(+) Load Combination No.	3(C)	3(C)	3(C)	3(C)	3(C)	3(C)
Stress(s)	75.22	549.78	1179.28	8619.28	1095.49	8006.82
Allowable Stress(sa)	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00	18000.00	360000.00
Stress Ratio(s/sa)	0.0042	0.0015	0.0655	0.0239	0.0609	0.0222

3. Check Linear Creep

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	5(Q)	5(Q)	5(Q)
Stress(s)	2245.31	0.00	0.00
Allowable Stress(sa)	13500.00	0.00	0.00
Stress Ratio(s/sa)	0.1663	0.0000	0.0000
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep
(+) Load Combination No.	5(Q)	5(Q)	5(Q)
Stress(s)	73.84	1103.67	1020.33
Allowable Stress(sa)	13500.00	13500.00	13500.00
Stress Ratio(s/sa)	0.0055	0.0818	0.0756
Result	Linear Creep	Linear Creep	Linear Creep



CITTA' DI TORINO

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

Relazione di calcolo strutture interne stazione

3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

midas Gen

RC Beam Serviceability Checking Result

	Company		Project Title	
	Author	Ing. Luca Sampietro	File Name	D:\...MTL2_AGGOTT_M01_00.mgb

4. Crack Control

	END-I	MID	END-J
(-) Load Combination No.	5(Q)	5(Q)	5(Q)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.0970	0.0000	0.0000
(+) Load Combination No.	5(Q)	5(Q)	5(Q)
Crack Width(w)	0.00	0.00	0.00
Allowable Crack Width(wa)	0.00	0.00	0.00
Check Ratio(w/wa)	0.0032	0.0477	0.0441

5. Deflection Control

L/250 = 0.015200 > 0.0000 (LCB:5, POS: 0.0m from END-I)..... O.K

Tutte le verifiche sono soddisfatte.



18. EFFETTI DOVUTI AL RITIRO

Il ritiro che si genera durante la stagionatura del calcestruzzo è dovuto all'evaporazione dell'acqua di impasto presente nei pori della pasta di cemento, tale fenomeno genera un accorciamento nel manufatto, che se impedito porta alla generazione di stati di coazione e alla formazione di fessure.

In sede di progettazione strutturale il ritiro del calcestruzzo può essere valutato sulla base delle indicazioni di seguito fornite.

La deformazione totale da ritiro si può esprimere come:

$$\varepsilon_{cs} = \varepsilon_{cd} + \varepsilon_{ca}$$

Dove:

- ε_{cs} è la deformazione totale per ritiro;
- ε_{cd} è la deformazione per ritiro da essiccamento;
- ε_{ca} è la deformazione per ritiro autogeno.

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro da essiccamento:

$$\varepsilon_{cd,\infty} = k_h \varepsilon_{c0}$$

può essere valutato mediante i seguenti valori in funzione della resistenza caratteristica a compressione, dell'umidità relativa e del parametro h_0 :

Tab. 11.2.Va – Valori di ε_{c0}

f_{ck}	Deformazione da ritiro per essiccamento (in ‰)					
	Umidità Relativa (in ‰)					
	20	40	60	80	90	100
20	-0,62	-0,58	-0,49	-0,30	-0,17	+0,00
40	-0,48	-0,46	-0,38	-0,24	-0,13	+0,00
60	-0,38	-0,36	-0,30	-0,19	-0,10	+0,00
80	-0,30	-0,28	-0,24	-0,15	-0,07	+0,00

Tab. 11.2.Vb – Valori di k_h

h_0 (mm)	k_h
100	1,00
200	0,85
300	0,75
≥ 500	0,70

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Il valore medio a tempo infinito della deformazione per ritiro autogeno $\varepsilon_{ca,\infty}$ può essere valutato mediante l'espressione:

$$\varepsilon_{ca,\infty} = -2.5(f_{ck} - 10) \cdot 10^{-6}$$

A favore di sicurezza di calcola l'effetto del ritiro a tempo infinito; nel caso in oggetto abbiamo:

- umidità relativa 75%;
- f_{ck} 30.71 N/mm²;
- ε_{c0} -0.311‰
- k_h 0.7
- $\varepsilon_{cd,\infty}$ -0.218‰
- $\varepsilon_{ca,\infty}$ -0.050‰
- $\varepsilon_{cs,\infty}$ -0.268‰

e considerando un coefficiente di dilatazione termica del cls di 1E-5 1/°C si ottiene una variazione termica equivalente pari a 27°C.

L'analisi è stata svolta modellando, nelle due direzioni, una striscia unitaria di solettone avente lunghezza pari a metà stazione, e attribuendo ai collegamenti con i diaframmi laterali dei vincoli verticali rigidi ma deformabili orizzontalmente e caratterizzati da una costante elastica pari alla somma delle rigidità flessionali dei diaframmi e delle fodere (sistema in parallelo) attraverso la relazione

$$k = \frac{12 \cdot EJ}{l^3}$$



Tabella 39. Calcolo rigidezza flessionale

DIAFRAMMA			
C	25/30		classe Cls
E	31476	N/mm ²	modulo elastico
b	1000	mm	base sezione
h	800	mm	altezza sezione
J	4266666667	mm ⁴	momento di inerzia
FODERA			
C	30/37		classe Cls
E	32837	N/mm ²	modulo elastico
b	1000	mm	base sezione
h	500	mm	altezza sezione
J	1041666667	mm ⁴	momento di inerzia
I	10100	mm	altezza mensola
K _d	15642	N/mm	rigidezza diaframma
K _f	3984	N/mm	rigidezza fodera
k _t	19626	N/mm	rigidezza totale

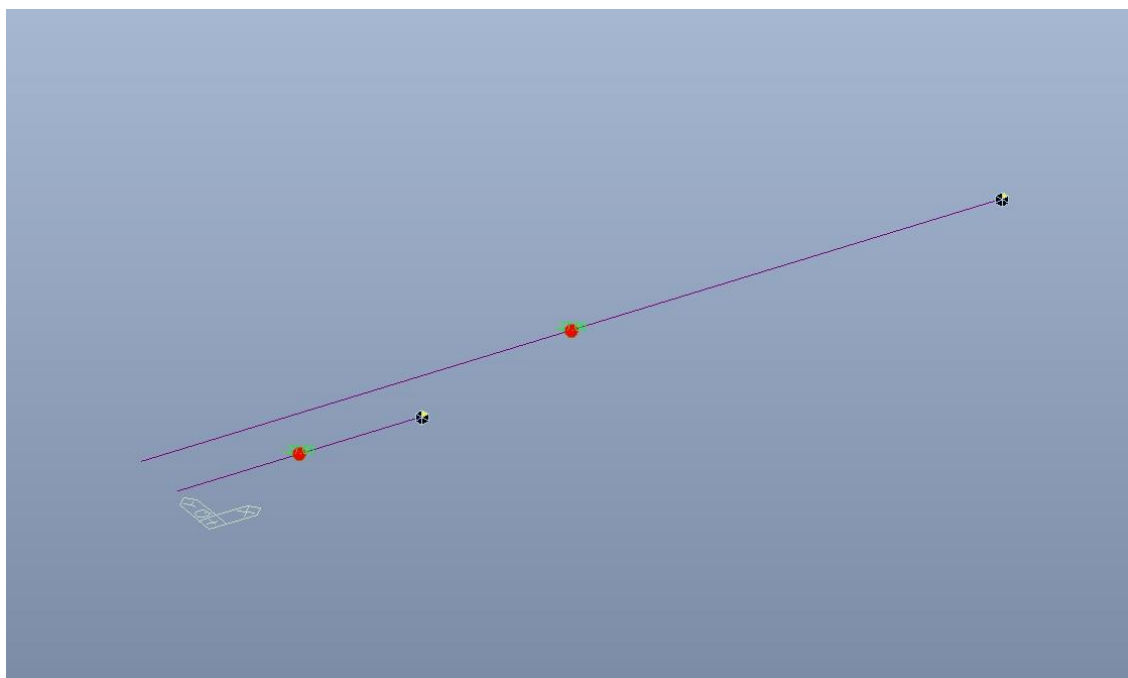


Figura 187. Schema statico ed azione termica applicata

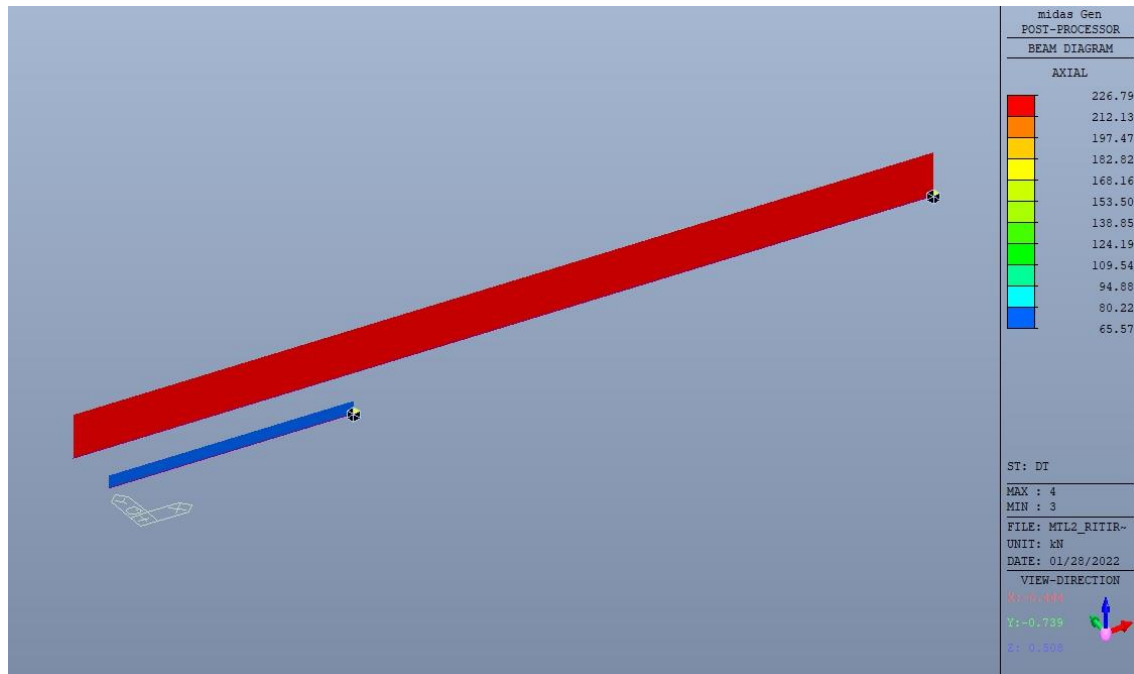


Figura 188. Sforzo assiale dovuto al ritiro

In mezzeria della sezione del solettone sono state disposte le seguenti armature:

- Direzione parallela al lato corto 1d20/20 As = 15.7 cm²;
- Direzione parallela al lato lungo 1d20/20 As = 15.7 cm².

La tensione massima nell'armatura risulta essere pari a

$$\sigma_s = 227000 \text{ N}/1570 \text{ mm}^2 = 144 \text{ N/mm}^2 < f_{yd} = 391 \text{ N/mm}^2.$$

La verifica è soddisfatta.

19. 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

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

19.1 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.

Le prestazioni di resistenza al fuoco dei prodotti e degli elementi costruttivi possono essere determinate in base ai risultati di:

- a) prove;
- b) calcoli;
- c) confronti con tabelle.

In accordo con la Committenza, è stata fissata una classe di resistenza al fuoco delle strutture pari a R120.

In tale fase di progettazione viene applicato il metodo tabellare nel quale si verifica che le seguenti grandezze dimensionate con il calcolo a freddo

la distanza a delle armature dallo strato esterno (copriferro);

lo spessore minimo s dell'elemento strutturale;

siano uguali o maggiori dei valori minimi ritenuti sufficienti per la classificazione di elementi costruttivi resistenti al fuoco e riportati nelle successive tabelle.

Dette condizioni non costituiscono un obbligo qualora si proceda alla determinazione delle prestazioni di resistenza al fuoco secondo gli altri metodi. I valori contenuti nelle tabelle sono il risultato di campagne sperimentali e di elaborazioni numeriche e si riferiscono alle tipologie costruttive e ai materiali di maggior impiego. Detti valori pur essendo cautelativi, non consentono estrapolazioni o interpolazioni tra gli stessi ovvero modifiche delle condizioni di utilizzo.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

L'uso delle tabelle è strettamente limitato alla classificazione di elementi costruttivi per i quali è richiesta la resistenza al fuoco nei confronti della curva temperatura-tempo standard e delle altre azioni meccaniche previste in caso di incendio.

SOLETTE PIENE E SOLAI ALLEGGERITI

La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore totale H di solette e solai, della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate.

Tabella 40. Resistenza al fuoco – Solette piene/solai

Classe	30	60	90	120	180	240
Solette piene con armatura monodirezionale	H = 80 / a = 10	120 / 20	120 / 30	160 / 40	200 / 55	240 / 65
Solai misti di lamiera di acciaio con riempimento di calcestruzzo ⁽¹⁾	H = 80 / a = 10	120 / 20	120 / 30	160 / 40	200 / 55	240 / 65
Solai a travetti con alleggerimento ⁽²⁾	H = 160 / a = 15	200 / 30	240 / 35	240 / 45	300 / 60	300 / 75
Solai a lastra con alleggerimento ⁽³⁾	H = 160 / a = 15	200 / 30	240 / 35	240 / 45	300 / 60	300 / 75

I valori di a devono essere non inferiori ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di H e a ne devono tenere conto nella seguente maniera: 10 mm di intonaco normale (definizione in D.4.1) equivale a 10 mm di calcestruzzo; 10 mm di intonaco protettivo antincendio (definizione in D.4.1) equivale a 20 mm di calcestruzzo. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

⁽¹⁾ In caso di lamiera grecata H rappresenta lo spessore medio della soletta. Il valore di a non comprende lo spessore della lamiera. La lamiera ha unicamente funzione di cassero. In caso contrario la lamiera va protetta secondo quanto indicato in D.7.1

⁽²⁾ Deve essere sempre presente uno strato di intonaco normale di spessore non inferiore a 20 mm ovvero uno strato di intonaco isolante di spessore non inferiore a 10 mm.

⁽³⁾ In caso di alleggerimento in polistirene o materiali affini prevedere opportuni sfoghi delle sovrappressioni.

TRAVI IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO E PRECOMPRESSO

La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) della larghezza b della sezione, della distanza a dall'asse delle armature alla superficie esposta e della larghezza d'anima b_w di travi con sezione a larghezza variabile sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di travi semplicemente appoggiate. Per travi con sezione a larghezza variabile b è la larghezza in corrispondenza della linea media delle armature tese.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Tabella 41. Resistenza al fuoco – Travi

Classe	combinazioni possibili di b e a					b_w
30	b = 80 / a = 25	120 / 20	160 / 15	200 / 15		80
60	b = 120 / a = 40	160 / 35	200 / 30	300 / 25		100
90	b = 150 / a = 55	200 / 45	300 / 40	400 / 35		100
120	b = 200 / a = 65	240 / 60	300 / 55	500 / 50		120
180	b = 240 / a = 80	300 / 70	400 / 65	600 / 60		140
240	b = 280 / a = 90	350 / 80	500 / 75	700 / 70		160

I valori di a devono essere non inferiore ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armature pre-tese aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di b e a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1 Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

PILASTRI IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO E PRECOMPRESSO

La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) del lato più piccolo b di pilastri a sezione rettangolare ovvero del diametro di pilastri a sezione circolare e della distanza a dell'asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito R per le classi indicate di pilastri esposti su uno o più lati che rispettano le seguenti limitazioni:

lunghezza effettiva del pilastro (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pilastri di piani intermedi) ovvero $\leq 4,5$ m (per pilastri dell'ultimo piano)

area complessiva di armatura $A_s \leq 0,04 A_c$ area efficace della sezione trasversale del pilastro.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Tabella 42. Resistenza al fuoco – Pilastri

Classe	Esposto su più lati		Esposto su un lato
30	B = 200 / a = 30	300 / 25-	160 / 25
60	B = 250 / a = 45	350 / 40	160 / 25
90	B = 300 / a = 50	450 / 40	160 / 25
120	B = 350 / a = 60	450 / 50	180 / 35
180	B = 450 / a = 70	-	230 / 55
240	-	-	300 / 70

I valori di a devono essere non inferiore ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

PARETI IN CALCESTRUZZO ARMATO ORDINARIO E PRECOMPRESSO

La tabella seguente riporta i valori minimi (mm) dello spessore s e della distanza a dall’asse delle armature alla superficie esposta sufficienti a garantire il requisito REI per le classi indicate di pareti portanti esposte su uno o due lati che rispettano le seguenti limitazioni:

altezza effettiva della parete (da nodo a nodo) ≤ 6 m (per pareti di piani intermedi) ovvero ≤ 4,5 m (per pareti dell’ultimo piano);


 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

Tabella 43. Resistenza al fuoco – Pareti/Setti

Classe	Esposto su un lato	Esposto su due lati
30	s = 120 / a = 10	120 / 10
60	s = 130 / a = 10	140 / 10
90	s = 140 / a = 25	170 / 25
120	s = 160 / a = 35	220 / 35
180	s = 210 / a = 50	270 / 55
240	s = 270 / a = 60	350 / 60

I valori di a devono essere non inferiore ai minimi di regolamento per le opere di c.a. e c.a.p. In caso di armatura pre-tesa aumentare i valori di a di 15 mm. In presenza di intonaco i valori di a ne possono tenere conto nella maniera indicata nella tabella D.5.1. Per ricoprimenti di calcestruzzo superiori a 50 mm prevedere una armatura diffusa aggiuntiva che assicuri la stabilità del ricoprimento.

Come si evince dalla tabella seguente, tutti i copriferri prescritti per il calcolo a freddo risultano maggiori dei valori minimi per la classe di resistenza R120 richiesta.

Tabella 44. Copriferri a freddo

Elemento	Copriferro minimo (mm)
DIAFRAMMI	75
FONDAZIONE E STRUTTURE INTERNE	40
PILASTRI	45

Eventuali analisi di resistenza al fuoco più approfondite potranno essere eseguite in fase di stesura del progetto esecutivo di dettaglio.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

19.2 Sovraresistenza

Per garantire che la struttura posseda il grado di robustezza desiderato è necessario progettare adeguati dettagli costruttivi capaci di assorbire una significativa energia di deformazione senza giungere alla rottura, in modo da aumentare la sopravvivenza della struttura dopo un evento eccezionale.

Ciò è possibile realizzando una sufficiente iperstaticità della struttura per facilitare il trasferimento delle azioni sfruttando percorsi di carico alternativi, ossia dotare la struttura di un "serbatoio di resistenza" (sovreresistenza) a cui possa attingere durante un evento eccezionale.

Per la porzione interrata della stazione ad 1 livello, tale iperstaticità è stata realizzata nel collegamento tra solettone e diaframmi esterni in quanto:

- in fase di verifica del solettone i vincoli con i diaframmi laterali sono stati modellati come cerniere in modo da massimizzare i momenti positivi nel solettone nella porzione tra i diaframmi laterali e i diaframmi interni;
- in fase di verifica dei diaframmi il vincolo in testa è stato modellato come cerniera in modo da massimizzare il momento positivi lungo l'asse dell'elemento;
- è stata comunque prevista un'armatura al negativo in corrispondenza del collegamento solettone/diaframma esterno in grado di resistere ad un momento di incastro perfetto.

Dall'analisi risulta:

- massimo momento flettente trasmesso dal diaframma: -1583 kNm/m;
- massimo momento flettente trasmesso dal solettone: -207 kNm/m (stimato come 30% del massimo momento presente nei diaframmi interni).

Momento totale agente: -1790 kNm/m

L'armatura minima del nodo corrisponde a lato solettone:

- $A_{sup} = 1d24/10$
- $A_{inf} = 1d24/20$



Verifica C.A. S.L.U. - File: Sovreresistenza

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

Titolo: MTL2 - INCASTRO SOLETTONE - DIAFRAMMI ESTERNI

N* strati barre 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	120	1	45.24	7
			2	22.62	113

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} -1790 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Materiali

Proprietà	B450C	C30/37
ϵ_{su}	67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd}	375 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s	200'000 N/mm²	f_{cd} 17
E_s/E_c	15	f_{cc}/f_{cd} 0.8
ϵ_{syd}	1.875 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 11.5
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	τ_{co} 0.6933
		τ_{c1} 2.029

M_{xRd} -1'838 kNm
 σ_c -17 N/mm²
 σ_s 375 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 38.66 ‰
d 113 cm
x 9.38 x/d 0.08301
 δ 0.7

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

Tipo flessione
 Retta Deviata

N* rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L₀ 0 cm Col. modello
 Precompresso

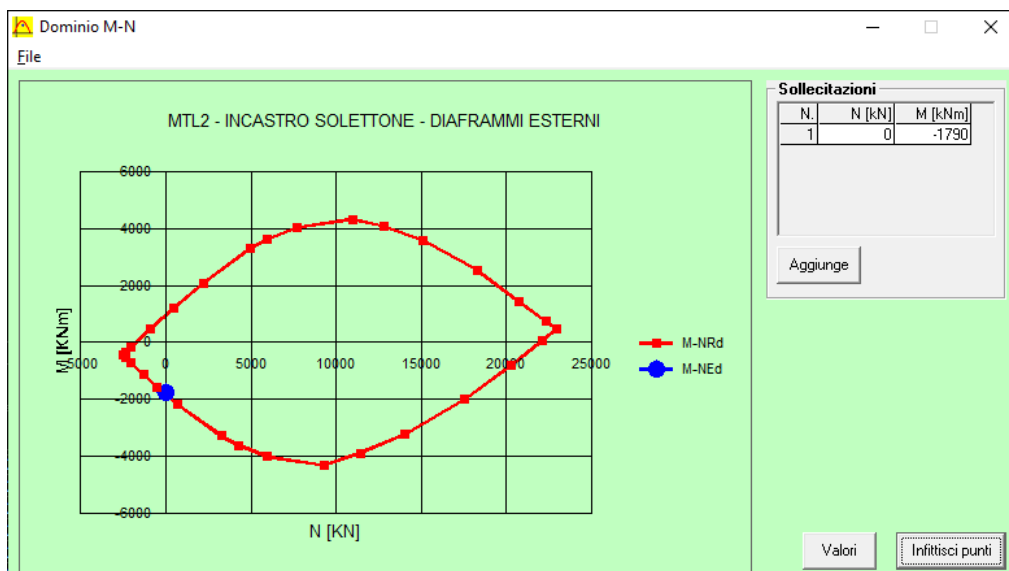


Figura 189. Verifica a flessione – Dominio di resistenza

La verifica è soddisfatta.

 CITTA' DI TORINO	Metropolitana di Torino – Linea 2 Tratta: Politecnico - Rebaudengo Lotto Costruttivo 1: Rebaudengo – Bologna Stazione Corelli
Relazione di calcolo strutture interne stazione	3_MTL2T1A1DSTRSCOR003-0-1.DOCX

20. 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.

Tabella 45. Confronto reazioni vincolari

CARICHI	R_{z1} [kN]	R_{z2} [kN]	Δ [%]
SW	174869	167020	96%
G2	28974	27816	96%
QE	37662	38893	103%
QC5	7612	7679	101%

Dove:

- SW è il peso proprio delle strutture modellate;
- G2 sono i carichi permanenti portati (vedere cap. 7.4);
- QE è il carico variabile di cat.E (vedere cap. 7.4);
- QC5 è il carico variabile di cat.C5 (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.

Come si evince dalla tabella precedente, le differenze sono contenute all'interno del range $\pm 4\%$.

Si ritiene pertanto che tale confronto dimostri la robustezza e validità delle analisi effettuate.