

Proponente:



AIEM GREEN S.r.l.
Viale C. Alleati d'Europa, 9/G
45100 Rovigo (RO)
Telefono: 0425/471 055
e-mail: info@aiemgreen.it
Web: www.aiemgreen.it

r_emiro.Giunta - Prot. 23/12/2024.1390280.E Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da LUBIAN ELIA CORRADO, garavello riccard

REALIZZAZIONE DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO
PRESSO IL COMUNE DI "TERRE DEL RENO"

Terre del Reno (FE), Emilia-Romagna, Italia



PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO ELABORATO

IMPIANTO FOTOVOLTAICO
Relazione Tecnica opere civili e calcoli preliminari delle strutture

RIF: 24378

NOME FILE:
REL18

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	11/12/2024	Prima emissione	Seingim Global Service S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	Aiem Green S.r.l.
01	18/12/2024	Prima revisione	Seingim Global Service S.r.l.	Aiem Green S.r.l.	Aiem Green S.r.l.

SCALA: /



SEINGIM GLOBAL SERVICE S.r.l.
Sede Legale: Vicolo degli Olmi, 57
30022 Ceggia (VE)
P. IVA 03133300271
Telefono: 0421/323007
e-mail: info@seingim.it
Web: www.seingim.it

Indice

1	INTRODUZIONE	2
2	SCOPO DEL LAVORO	6
3	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO	7
4	ANALISI GEOLOGICA	8
4.1	Indagini geognostiche eseguite nell'area di intervento	9
5	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	10
6	PRINCIPI FONDAMENTALI	11
6.1	Classificazioni delle azioni	12
6.2	Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi:	12
6.3	Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale:	13
6.4	Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo:	13
6.5	Combinazioni delle azioni	14
7	VERIFICA PRELIMINARE DELLE FONDAZIONI DEI PREFABBRICATI	17
7.1	Cabine di trasformazione o power station e Cabine di consegna	17
7.2	Azioni agenti sui basamenti	19
7.3	Materiali impiegati e resistenze di calcolo	20
7.4	Carico limite di fondazioni superficiali su terreni	22
7.5	Carico limite di fondazioni superficiali su roccia	27
7.6	Verifica a rottura per scorrimento di fondazioni superficiali	28
7.7	Determinazione delle tensioni indotte nel terreno	29
7.8	Calcolo dei cedimenti della fondazione	30
7.9	Parametri di calcolo e risultati delle verifiche geotecniche	34
8	VERIFICA PRELIMINARE TRACKER	60
8.1	Normative	60
8.2	Caratteristiche geometriche moduli fotovoltaici	61
8.3	Analisi dei carichi	61
8.4	Vento e neve	64
8.5	Azione sismica	67
8.6	Caratteristiche dei materiali considerati	73
8.7	Elenco dei materiali impiegati	73
8.8	Schematizzazione dei casi di carico	74
8.9	Definizione delle combinazioni	81
8.10	Tipo di analisi effettuate	83
8.11	Combinazioni e/o percorsi di carico	84
8.12	Principali risultati	87
8.13	Sintesi delle verifiche di sicurezza	105
8.14	Fondazioni di sostegno	109
9	CONCLUSIONI	110

1 INTRODUZIONE

La Società Aiem Green S.r.l. intende realizzare nel Comune di Terre del Reno, sito in provincia di Ferrara, un impianto fotovoltaico per la produzione di energia elettrica.

L'impianto Terre del Reno è sito in Via del Fantino SNC e individuato dalle coordinate 44.804505° N - 11.375740° E.

L'impianto avrà una potenza complessiva installata di 24.474,96 kWp. L'energia prodotta sarà immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN).

L'impianto nel suo complesso sarà diviso in due macroaree recintate – Area 1 (lato ovest). Area 2 (lato est).

L'area di impianto è racchiusa nel buffer di 500 metri da stabilimenti industriali presenti a sud del sito in esame, per cui ai sensi dell'art. 8 comma 1-bis del D. Lgs. 199/2021 è ivi consentita l'installazione degli impianti fotovoltaici con moduli "collocati a terra".

La soluzione tecnica minima generale (STMG) per una potenza in immissione richiesta di 19.900,42 kW, prevede che l'impianto sia collegato alla rete di E-Distribuzione mediante n°5 POD collegati mediante cavidotti in MT 15 kV alla nuova Cabina primaria, CP S. Agostino Ovest, quest'ultima collegata in antenna da cabina primaria AT/MT. La Soluzione per la connessione alla RTN dell'impianto di distribuzione in oggetto prevede il collegamento in doppia antenna alla Stazione Elettrica da inserire in entra esce alla linea RTN a 132 kV "Crevalcore-S. Agostino" previa realizzazione degli interventi previsti nel piano di sviluppo previsto da Terna:

- 307-P, elettrodotto 220kV "Colunga-Este";
- 318-P, riassetto di Ferrara;
- 350-N, elettrodotto 220kV "Colunga-Bussolengo".

La soluzione per la connessione in alta tensione, a partire dalla CP S. Agostino Ovest, è ancora oggetto di validazione da parte del Gestore di Rete. La Società si presenta come capofila e prevede tre ipotesi di connessione in AT. In conformità con quanto previsto dal D.L. 181/2023, convertito dalla L. 11/2024, all'art. 9¹. Il procedimento autorizzativo può essere avviato dall'Autorità competente, su istanza del Proponente, anche in assenza del parere di conformità tecnica sulle soluzioni progettuali degli impianti di rete per la connessione da parte del gestore, che è comunque acquisito nel corso del procedimento di autorizzazione ai fini dell'adozione del provvedimento finale. A seguito della validazione di una delle tre ipotesi, pertanto, il progetto sarà integrato approfondendo la soluzione di connessione individuata.

Si precisa che il progetto definitivo della CP, la posizione della SE e le relative linee RTN di collegamento sono ancora da definire con il gestore di rete competente, in quanto il tavolo tecnico è ancora in corso e si è in attesa di definire una delle tre soluzioni presentate nella procedura di VIA di cui il presente elaborato fa parte. Pertanto, in questa fase non si è ancora in grado di approfondire gli aspetti progettuali relativi al tracciato dell'elettrodotto

¹ D.L. 181/2023, d L. 11/2024, art. 9:

9-undecies. Al fine di garantire la realizzazione degli impianti di produzione di energia alimentati da fonti rinnovabili e dei sistemi di accumulo elettrochimico, ivi comprese le relative opere connesse, l'autorità competente ai sensi dell'articolo 12, comma 3, del decreto legislativo 29 dicembre 2003, n. 387, avvia il relativo procedimento su istanza del proponente, corredata del progetto delle opere di connessione, suddiviso tra impianti di utenza e impianti di rete ai sensi del testo integrato delle connessioni attive (TICA), di cui alla deliberazione dell'Autorità di regolazione per energia, reti e ambiente 23 luglio 2008, ARG/elt 99/08, redatto in coerenza con il preventivo per la connessione predisposto dal gestore di rete e accettato dal proponente, **anche in assenza del parere di conformità tecnica sulle soluzioni progettuali degli impianti di rete per la connessione da parte del gestore medesimo**, che è comunque acquisito nel corso del procedimento di autorizzazione ai fini dell'adozione del provvedimento finale».

di connessione alla nuova Stazione e la posizione della medesima; non appena quest'ultima sarà definita e confermata ci si impegna ad aggiornare e a integrare il progetto.

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 720 Wp, su un terreno prevalentemente pianeggiante di estensione di circa 27,73 ettari.

I pannelli saranno montati su strutture a inseguimento monoassiale (tracker) in configurazione unifilare ed ogni tracker (struttura portante dei pannelli), di tipo 1V portrait, sarà composto da 81, 54, 27, 14 e 13 moduli.

Per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete nazionale sono previste all'interno del campo fotovoltaico nove Cabine Elettrica di Consegna, le quali verranno collegate mediante cavidotti interrati a 15 kV, alla Cabina Primaria denominata "S. Agostino Ovest".

L'area di impianto si svilupperà su una superficie complessiva di circa 27,73 ha, di cui circa 19,33 ha ricadono nell'Area 1 e circa 8,40 ha ricadono nell'Area 2. Si precisa, ancora una volta, che la distinzione tra "Area 1" e "Area 2" definisce le due aree recintate in cui è suddivisa l'intera area di progetto in disponibilità del proponente.

Per fini descrittivi sarà utile organizzare l'impianto, a seconda delle necessità:

- con riferimento alle aree occupate: area complessiva utile comprendente Area 1 e Area 2, rappresentate, individuazione posizione cabina primaria e n. 5 POD, così come nella figura 1;
- con riferimento alla tecnologia fotovoltaica impiegata: area destinata alla tecnologia fotovoltaica tradizionale, con individuazione dell'area utile d'impianto (in rosso) e la distinzione dell'Area 1 dall'Area 2 (in azzurro), così come rappresentate nella figura 2.

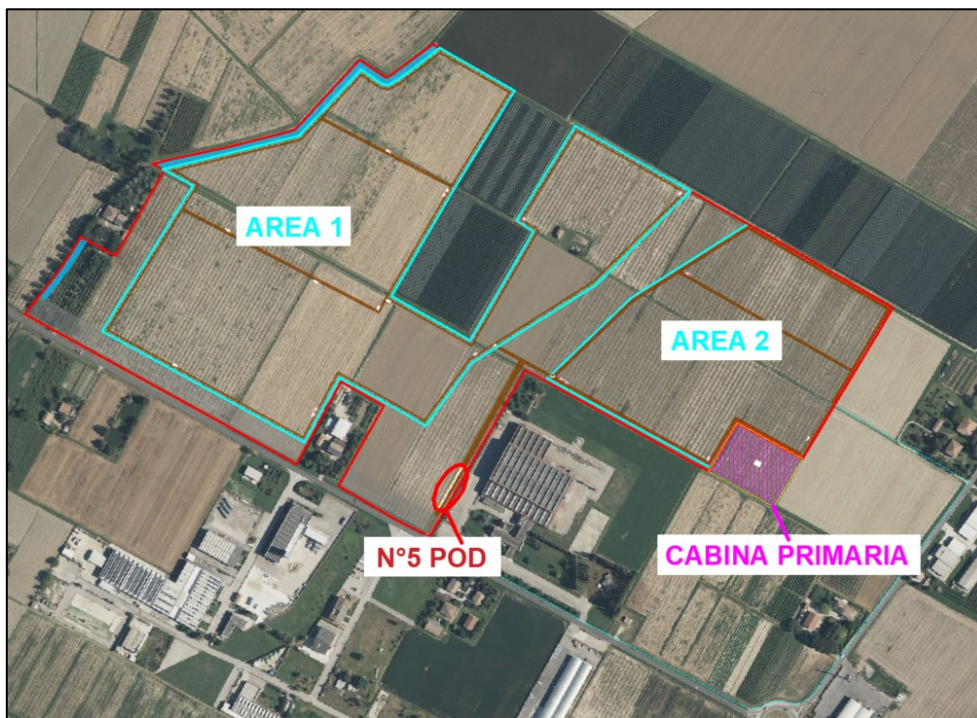
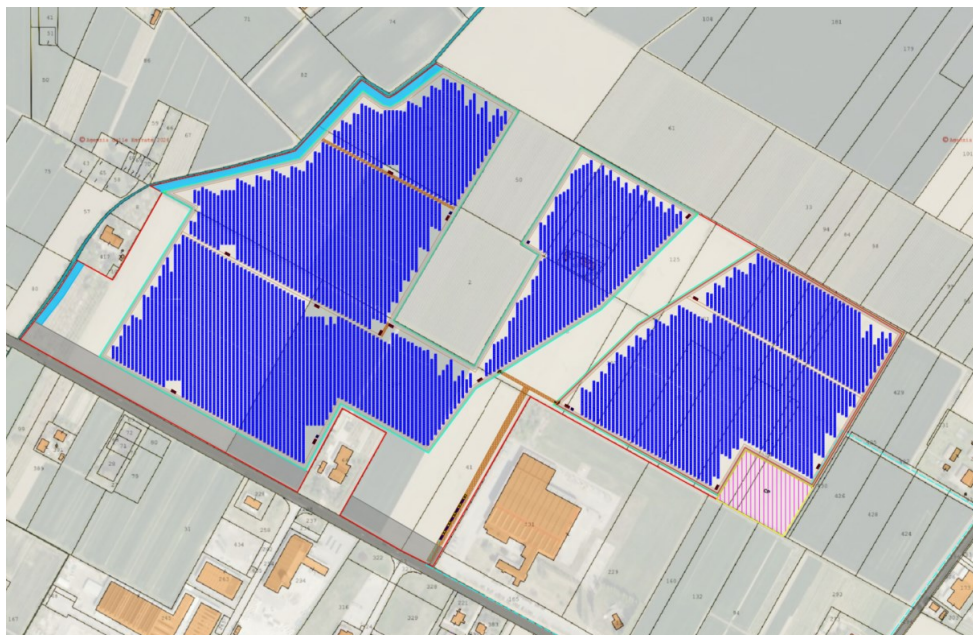


FIGURA 1 - Inquadramento cartografico dell'impianto su ORTOFOTO


FIGURA 2 - Layout – Planimetria di impianto

L'impianto presenterà i seguenti componenti:

- N° 33.993 moduli fotovoltaici in silicio monocristallino (potenza nominale di 720 Wp), installati su inseguitori assiali in configurazione 'portrait' (in verticale), saranno orientati ('azimuth') $-90^{\circ}/+90^{\circ}$ (asse trackers N/S, orientamento E/O) e avranno un'inclinazione variabile in base al percorso del sole durante il giorno con angolo variabile rispetto all'orizzontale ('tilt') di $-60^{\circ}/+60^{\circ}$.
- I moduli impiegati saranno suddivisi in due aree recintate secondo la planimetria inserita nel presente progetto definitivo e secondo le quantità indicate in seguito:

DATI TECNICI IMPIANTO				
Tracker	n° tracker	Potenza modulo FV (Wp)	n° moduli installati	Potenza installata (kWp)
Tracker 81 moduli	304	720	24.624	17.729,28
Tracker 54 moduli	94	720	5.076	3.654,72
Tracker 27 moduli	108	720	2.916	2.099,52
Tracker 14 moduli	51	720	714	514,08
Tracker 13moduli	51	720	663	477,36
TOTALE	608		33.993	24.474,96
Numero, marca e modello moduli	N. 33.993 PHONO SOLAR PS720M13GFH/WSHW			
Numero, marca e modello inverter	N. 47 Sungrow SG350HX-12MPPT – 320 kW (@40°C) N. 22 Sungrow SG250HX-30 – 225 kW (@40°C)			

Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con i principali dati di progetto:

Impianto	Terre del Reno
Comune (Provincia)	Terre del Reno (FE)
Superficie di impianto	27,73 ha
Potenza generatore FV	24.474,96 kW _p (STC)
Potenza AC in immissione	19.811,8 kW _{ac}
Tensione di sistema (CC)	800 V
Tensione al POD	15 kV
Tipologia di impianto	Impianto fotovoltaico - moduli solari installati su inseguitori monoassiali (tracker) di tipo 1P
Moduli	N. 33.993 PHONO SOLAR PS720M13GFH (o similare)
Inverter	N. SG350HX-12MPPT – 320 kW (@40°C) N. SG250HX-30 – 225 kW (@40°C)
Tilt	-60°/+60°
Azimuth	-90°/+90° (asse trackers N/S, orientamento E/O)
Cabine	<ul style="list-style-type: none"> • n° 5 Cabine di consegna (CDIS) • n° 5 Cabine utente (CU) • n° 14 Cabine Trasformazione ('CT')

2 SCOPO DEL LAVORO

Il presente documento riguarda il calcolo preliminare degli elementi strutturali del progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico, sito nel Comune di Terre del Reno (FE) in Via del Fantino SNC e dalle coordinate 44.804505° N - 11.375740° E, con una potenza complessiva di 24.474,96 kWp.

L'impianto in oggetto prevede l'installazione di pannelli fotovoltaici (moduli) in silicio monocristallino della potenza unitaria di 720 Wp, su un terreno prevalentemente pianeggiante di estensione di circa 27,73 ettari.

I pannelli saranno montati strutture di supporto tracker, inseguitori monoassiali che permettono nel contempo di aumentare significativamente la redditività degli impianti in configurazione unifilare ed ogni tracker (struttura portante dei pannelli) sarà composto da 81,54,27,14 e 13 moduli. L'impianto sarà Fotovoltaico, con strutture di sostegno di tipo Tracker monoassiali aventi medesime strutture di sostegno ma con un'altezza minima da terra pari a 0,40 m.

Per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete nazionale sono previste all'interno del campo fotovoltaico nove Cabine Elettrica di Consegna, le quale verranno collegate mediante cavidotti interrati a 15 kV, alla Cabina Primaria denominata "S.Agostino Ovest".

All'interno dell'area si prevede il posizionamento di cabine di generazione prefabbricate in c.a. tipo monoblocco, in particolare:

- N°14 Cabine di Trasformazione ('CT') relative all'impianto fotovoltaico sono collocate in posizione baricentrica rispetto alle varie aree dell'impianto, con la duplice funzione di collegare gli inverter presenti in campo e di elevare la tensione da BT a MT.
- N°5 Cabine Utente
- N°5 Cabina di Consegna MT ('CDIS') e-DISTRIBUZIONE

Le superfici di appoggio delle strutture, trattandosi di un terreno agricolo, saranno rese piane attraverso esigue opere di movimento terra, riguardanti principalmente lo scortico dello strato agricolo. L'intervento edilizio necessario sarà di tipo assolutamente non invasivo e consisterà nell'affondare nel terreno i pali in acciaio di sostegno delle strutture dei moduli fotovoltaici, che potranno essere rimosse senza importanti interventi di scavo. Pertanto, sono previsti limitati movimenti di terra visto l'andamento pianeggiante del terreno e anche per il posizionamento delle cabine si prevede solo lo scavo di sbancamento necessario al posizionamento delle fondazioni.

La presente relazione preliminare ha l'obiettivo di:

- Introdurre i criteri per la progettazione delle opere e dei componenti strutturali di impianto;
- Presentare la verifica preliminare degli elementi strutturali componenti due inseguitori meccanici mono assiali (tracker) idonei per un progetto fotovoltaico;
- Dare una prima indicazione sul tipo di acciaio e sul tipo di calcestruzzo utilizzabile per la realizzazione delle fondazioni di apparecchiature e cabine prefabbricate di impianto (cabine di trasformazione e cabina di raccolta).

Si rimanda alla fase esecutiva il dimensionamento definitivo di quanto introdotto sopra.

3 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA DEL SITO

L'intervento riguarda la realizzazione di un impianto fotovoltaico denominato "Terre del Reno" nel comune di Terre del Reno, sito provincia di Ferrara, e ha come obiettivo sia la produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile, sia la valorizzazione del paesaggio e l'inserimento al meglio del progetto all'interno del contesto paesaggistico in cui si trova.

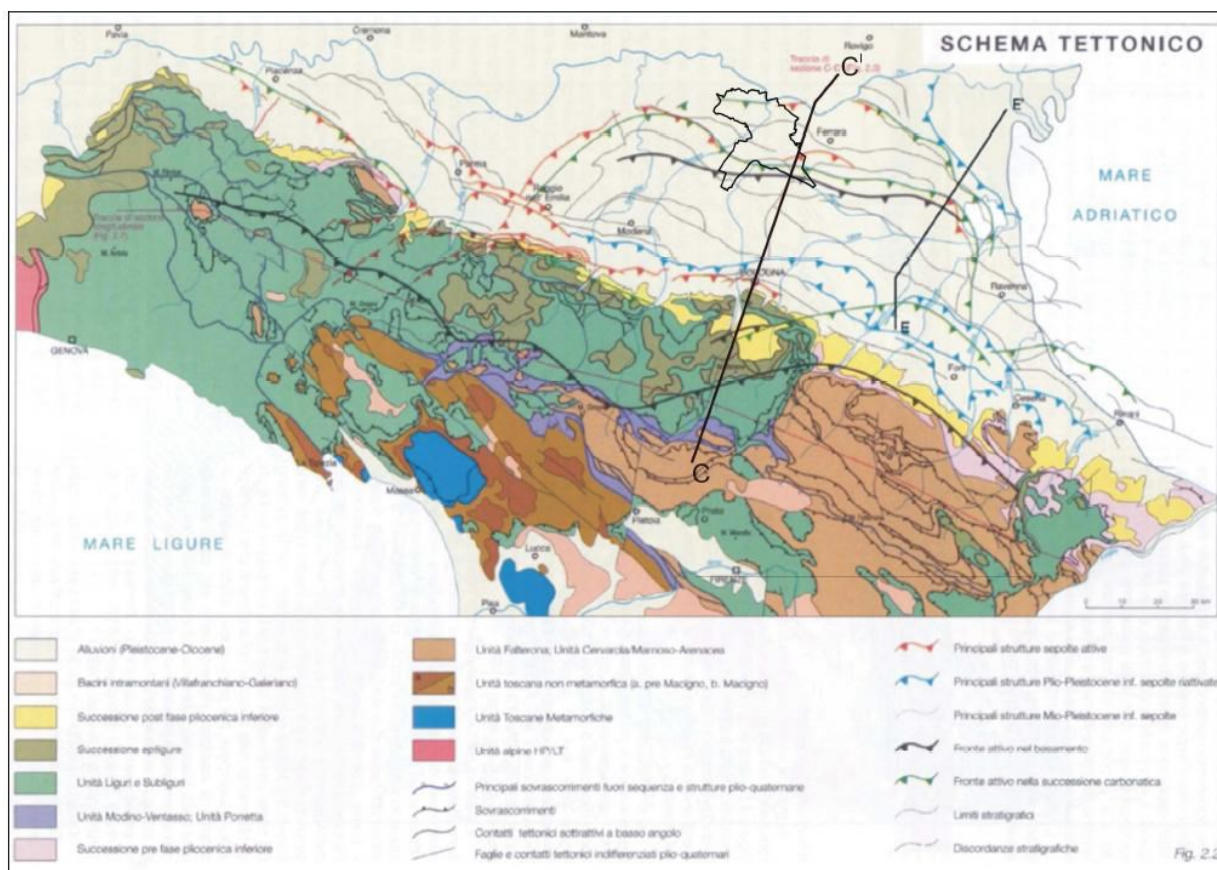
Il sito interessato alla realizzazione dell'impianto fotovoltaico denominato "Terre del Reno" si sviluppa nel territorio nei comuni di Terre del Reno (FE) ricade nei seguenti fogli catastali:

- Foglio 39, p.lla 1, 33, 41, 65, 67, 93, 125, 134, 135, 158, 176, 194, 200, 201, 203, 218, 404, 406, 407, 409;

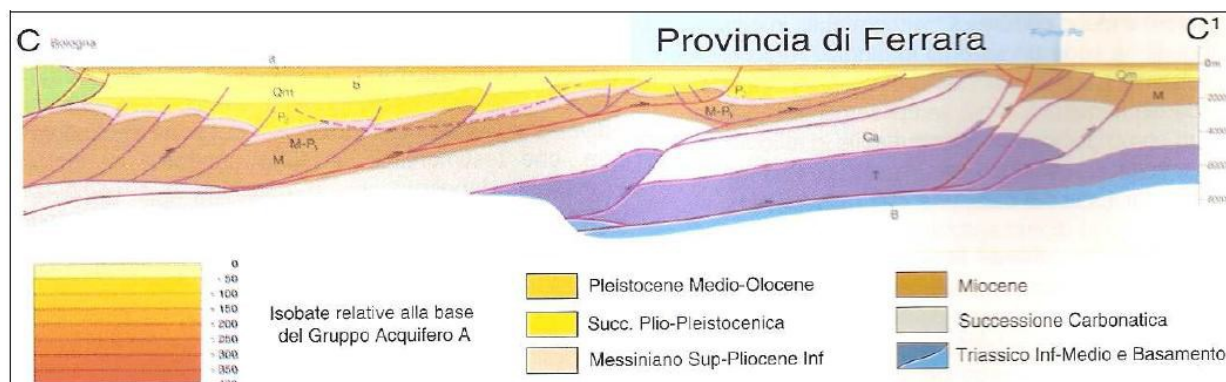
Per la connessione dell'impianto fotovoltaico alla rete nazionale sono previste all'interno del campo fotovoltaico nove Cabine Elettriche di Consegna, le quali saranno collegata mediante cavidotti interrati a 15 kV alla CP S. Agostino Ovest, di futura realizzazione. I tracciati di connessione, destinati al trasporto dell'energia elettrica prodotta dall'impianto fotovoltaico, attraversano il comune di Terre del Reno, fino a collegarsi alla CP di proprietà di e-distribuzione, alla quale è previsto il collegamento secondo le soluzioni tecniche minime generali elaborate dall'ente gestore. La linea di connessione sarà realizzata interamente su viabilità esistente, in modalità interrata.

4 ANALISI GEOLOGICA

Il settore di territorio in esame ricade nella porzione di Pianura Padana a sud del fiume Po. Si tratta di un esteso bacino subsidente che iniziò a delinearsi quando emersero prima la catena Alpina poi quella Appenninica, di cui la Pianura rappresenta le rispettive avanfosse. Detto ambiente, dal punto di vista strutturale, risulta strettamente connesso all'Appennino Settentrionale.



Schema Tettonico tratto dalla "Carta Geologico-Strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo" (RER e CNR 2002)



2: Sezione geologica interpretativa lungo la sezione C-C' riportata in Fig. 5.1

Figura 1 - Mappa e sezione della pianura Pianura Padana a sud del fiume Po

4.1 Indagini geognostiche eseguite nell'area di intervento

Considerata la modestia dell'impatto sul terreno in termini di carichi (strutture porta pannelli ancorate al terreno tramite dei paletti infissi nel suolo sino a profondità di circa 1.5/1.8mt e cabine di trasformazione di ridotte dimensioni) per la caratterizzazione geotecnica del sottosuolo si fa riferimento ai dati acquisiti con le prove penetrometriche statiche effettuate sull'intera area di intervento in corrispondenza della zona di appoggio delle cabine e dei pali porta pannelli.

La zona di studio risulta interessata dalla presenza di una coltre di depositi alluvionali caratterizzati, in questa zona, da una prevalenza di sedimenti fini limo-argillosi. Le prove hanno evidenziato una situazione litotecnica omogenea riportata in dettaglio di seguito:

PARAMETRI GEOTECNICI MEDI DATI ANALITICI PROVE CPT 1-10			
DESCRIZIONE LITOLOGICA	Peso di Volume $\gamma - \text{Kg/dm}^3$	Angolo attrito $\phi (^{\circ})$	Coesione non drenata $C_u - \text{Kg/cm}^2$
Argille debolmente limose e limi argillosi p.c. - 15m Litologia A	1.85	0	0.4-0.6

Ai fini della verifica geotecnica delle strutture di fondazione si è utilizzato un valore medio della coesione non drenata C_u pari a 0,5 Kg/cm², rilevata sui due lotti.

5 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18, definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità;
- **LEGGE n° 64 del 02/02/1974.** "Provvedimenti per le costruzioni, con particolari prescrizioni per le zone sismiche.";
- **D.M. LL.PP. del 11/03/1988.** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.";
- **D.M. LL.PP. del 16/01/1996.** "Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche.";
- **Circolare Ministeriale LL.PP. n° 65/AA.GG. del 10/04/1997.** "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche" di cui al D.M. 16/01/1996.";
- **Eurocodice 1 - Parte 1** - "Basi di calcolo ed azioni sulle strutture - Basi di calcolo -.";
- **Eurocodice 7 - Parte 1** - "Progettazione geotecnica - Regole generali -.";
- **Eurocodice 8 - Parte 5** - "Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture - Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici -.";
- **D.M. 17/01/2018 - NUOVE NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI**
- **Circolare n. 7 del 21/01/2019**

6 PRINCIPI FONDAMENTALI

Secondo quanto riportato nel D.M. 17-01-2018 le opere e i componenti strutturali devono essere progettate, eseguite, collaudate e soggette a manutenzione in modo tale da consentirne la prevista utilizzazione, in forma economicamente sostenibile e con il livello di sicurezza previsto dalla normativa. La sicurezza e le prestazioni di un'opera o di una parte di essa devono essere valutate in relazione agli stati limite che si possono verificare durante la vita nominale di progetto. Si definisce stato limite una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze elencate nella normativa.

In particolare, le opere e le varie tipologie strutturali devono possedere i seguenti requisiti:

- sicurezza nei confronti di stati limite ultimi (SLU): capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e dissesti gravi, totali o parziali che possano compromettere l'incolumità delle persone oppure comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera;
- sicurezza nei confronti di stati limite di esercizio (SLE): capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio;
- durabilità, capacità della costruzione di mantenere, nell'arco della vita nominale di progetto, i livelli prestazionali per i quali è stata progettata, tenuto conto delle caratteristiche ambientali in cui si trova e del livello previsto di manutenzione.
- robustezza: capacità di evitare danni sproporzionati rispetto all'entità di possibili cause innescanti eccezionali quali esplosioni e urti.

Il superamento di uno stato limite ultimo ha carattere irreversibile, il superamento di uno stato limite di esercizio può avere carattere reversibile o irreversibile.

I principali Stati Limite Ultimi (SLU) sono indicati nell'elenco riportato di seguito:

- perdita di equilibrio della struttura o di una sua parte, considerati come corpi rigidi;
- spostamenti o deformazioni eccessive;
- raggiungimento della massima capacità di parti di strutture, collegamenti, fondazioni;
- raggiungimento della massima capacità della struttura nel suo insieme;
- raggiungimento di una condizione di cinetismo irreversibile;
- raggiungimento di meccanismi di collasso nei terreni;
- rottura di membrane e collegamenti per fatica;
- rottura di membrane e collegamenti per altri effetti dipendenti dal tempo;
- instabilità di parti della struttura o del suo insieme.

Altri stati limite ultimi sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite Ultimi comprendono gli Stati Limite di salvaguardia della Vita (SLV) e gli Stati Limite di prevenzione del Collasso (SLC).

I principali Stati Limite di Esercizio (SLE) sono elencati di seguito:

- danneggiamenti locali (ad es. eccessiva fessurazione del calcestruzzo) che possano ridurre la durabilità della struttura, la sua efficienza o il suo aspetto;

- spostamenti e deformazioni che possano limitare l'uso della costruzione, la sua efficienza e il suo aspetto;
- spostamenti e deformazioni che possano compromettere l'efficienza e l'aspetto di elementi non strutturali, impianti, macchinari;
- vibrazioni che possano compromettere l'uso della costruzione;
- danni per fatica che possano compromettere la durabilità;
- corrosione e/o degrado dei materiali in funzione del tempo e dell'ambiente di esposizione che possano compromettere la durabilità;

Altri stati limite sono considerati in relazione alle specificità delle singole opere; in presenza di azioni sismiche, gli Stati Limite di Esercizio comprendono gli Stati Limite di Operatività (SLO) e gli Stati Limite di Danno (SLD).

Nel metodo di calcolo agli stati limite, la sicurezza strutturale nei confronti degli stati limite ultimi (SLU) deve essere verificata confrontando la capacità di progetto R_d , in termini di resistenza, duttilità e/o spostamento della struttura o della membratura strutturale, funzione delle caratteristiche meccaniche dei materiali che la compongono (X_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche interessate (a_d), con il corrispondente valore di progetto della domanda E_d , funzione dei valori di progetto delle azioni (F_d) e dei valori nominali delle grandezze geometriche della struttura interessate.

La verifica della sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) è espressa dall'equazione:

$$R_d \geq E_d$$

Il valore di progetto della resistenza di un dato materiale X_d è, a sua volta, funzione del valore caratteristico della resistenza, definito come frattile 5% della distribuzione statistica della grandezza, attraverso l'espressione:

$$X_d = X_k / \gamma_m,$$

essendo γ_m il fattore parziale associato alla resistenza del materiale.

Il valore di progetto di ciascuna delle azioni agenti sulla struttura F_d è ottenuto dal suo valore caratteristico F_k , inteso come frattile 95% della distribuzione statistica o come valore caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno, attraverso l'espressione:

$$F_d = \psi_f * F_k$$

essendo ψ_f il fattore parziale relativo alle azioni. Nel caso di concomitanza di più azioni variabili di origine diversa si definisce un valore di combinazione $\psi_0 * F_k$, ove $\psi_0 < 1$ è un opportuno coefficiente di combinazione, che tiene conto della ridotta probabilità che più azioni di diversa origine si realizzino simultaneamente con il loro valore caratteristico. La capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (SLE) deve essere verificata confrontando il valore limite di progetto associato a ciascun aspetto di funzionalità esaminato (C_d), con il corrispondente valore di progetto dell'effetto delle azioni (E_d), attraverso la seguente espressione formale:

$$C_d \geq E_d$$

6.1 Classificazioni delle azioni

Si definisce azione ogni causa o insieme di cause capace di indurre stati limite in una struttura.

6.2 Classificazione delle azioni in base al modo di esplicarsi:

- Dirette: forze concentrate, carichi distribuiti, fissi o mobili

- Indirette: spostamenti impressi, variazioni di temperatura e di umidità, ritiro, precompressione, cedimenti di vincoli
- Degrado:
 - Endogeno, alterazione naturale del materiale di cui è composta l'opera strutturale
 - Esogeno, alterazione delle caratteristiche dei materiali costituenti l'opera strutturale, a seguito di agenti esterni.

6.3 Classificazione delle azioni secondo la risposta strutturale:

- Statiche: azioni applicate alla struttura che non provocano accelerazioni significative della stessa o di alcune sue parti;
- Pseudo statiche: azioni dinamiche rappresentabili mediante un'azione statica equivalente;
- Dinamiche: azioni che causano significative accelerazioni della struttura o dei suoi componenti;

6.4 Classificazione delle azioni secondo la variazione della loro intensità nel tempo:

- **Permanenti (G)**, azioni che agiscono durante tutta la vita nominale di progetto della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è molto lenta e di modesta entità:
 - peso proprio di tutti gli elementi strutturali, forze risultanti dalla pressione dell'acqua quando si configurino costanti nel tempo
 - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali o spostamenti e deformazioni impressi, incluso il ritiro o presollecitazione (P)
- **Variabili (Q)**, azioni che agiscono con valori istantanei che possono risultare sensibilmente diversi fra loro nel corso della vita nominale della struttura:
 - sovraccarichi
 - azioni del vento
 - azioni della neve
 - azioni della temperatura

Le azioni variabili sono dette di lunga durata se agiscono con un'intensità significativa, anche non continuativamente, per un tempo non trascurabile rispetto alla vita nominale della struttura. Sono dette di breve durata se agiscono per un periodo di tempo breve rispetto alla vita nominale della struttura. A seconda del sito ove sorge la costruzione, una medesima azione climatica può essere di lunga o di breve durata.

- **Eccezionali (A)**, azioni che si verificano solo eccezionalmente nel corso della vita nominale della struttura:
 - Incendi
 - Esplosioni
 - Urti ed impatti
- **Sismiche (E)**, azioni derivanti dai terremoti

Quando rilevante, nella valutazione dell'effetto delle azioni è necessario tenere conto del comportamento *dipendente dal tempo dei materiali, come per la viscosità*.

6.5 Combinazioni delle azioni

Come anticipato precedentemente la capacità di progetto $R_d = f(X_d, a_d)$ mentre la domanda di progetto $E_d = f(F_d)$. A sua volta F_d è ottenuta dal suo valore caratteristico F_k per mezzo di ψ_f il fattore parziale relativo alle azioni che si ricorda essere < 1 .

Il valore caratteristico G_k di azioni permanenti caratterizzate da distribuzioni con coefficienti di variazione minori di 0,10 si può assumere coincidente con il valore medio.

Nel caso di azioni variabili caratterizzate da distribuzioni dei valori estremi dipendenti dal tempo, si assume come valore caratteristico quello caratterizzato da un assegnato periodo di ritorno. Nella definizione delle combinazioni delle azioni, i termini Q_{kj} rappresentano le azioni variabili di diversa natura che possono agire contemporaneamente: Q_{k1} rappresenta l'azione variabile di base e Q_{k2} , Q_{k3} , Q_{kn} le azioni variabili d'accompagnamento, che possono agire contemporaneamente a quella di base.

Con riferimento alla durata relativa ai livelli di intensità di un'azione variabile, si definiscono:

- **valore quasi permanente $\psi_{2j} * Q_{kj}$** il valore superato oltre il 50% del tempo nel periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale alla media della distribuzione temporale dell'intensità;
- **valore frequente $\psi_{1j} * Q_{kj}$** il valore superato per un periodo totale di tempo che rappresenti una piccola frazione del periodo di riferimento. Indicativamente, esso può assumersi uguale al frattile 95% della distribuzione temporale dell'intensità;
- **valore di combinazione $\psi_{0j} * Q_{kj}$** : il valore tale che la probabilità di superamento degli effetti causati dalla concomitanza con altre azioni sia circa la stessa di quella associata al valore caratteristico di una singola azione.

Nella tabella di seguito vengono riportati i valori dei coefficienti di combinazione da adottarsi per strutture civili e industriali.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tabella 1 Valori dei coefficienti di combinazione

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

Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (**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, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (**SLE**) irreversibili:

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

Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (**SLE**) reversibili:

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

Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio (**SLE**) connessi all'azione sismica E:

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

Nelle verifiche agli stati limite ultimi SLU si distinguono:

- lo stato limite di equilibrio come corpo rigido **EQU**
- lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione **STR**
- lo stato limite di resistenza del terreno **GEO**

		Coefficiente γ_F	EQU	A1	A2
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_{Q1}	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.

Il coefficiente parziale di precompressione si assume pari a $\gamma_p = 1$.

Le azioni sismiche di progetto (**E**), in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastica in

accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{vr} , nel periodo di riferimento V_r .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento P_{vr} nel periodo di riferimento V_r , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- **a_g** accelerazione orizzontale massima al sito
- **F_0** valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
- **T_c^*** valore di riferimento per la determinazione del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

Per i valori di a_g , F_0 , T_c^* necessari per la determinazione delle azioni sismiche, si fa riferimento agli Allegati A e B del decreto delle infrastrutture 17 Gennaio 2018.

7 VERIFICA PRELIMINARE DELLE FONDAZIONI DEI PREFABBRICATI

A servizio dell'impianto Fotovoltaico sono previste più apparecchiature prefabbricate e preassemblate che concorrono all'esercizio dell'impianto.

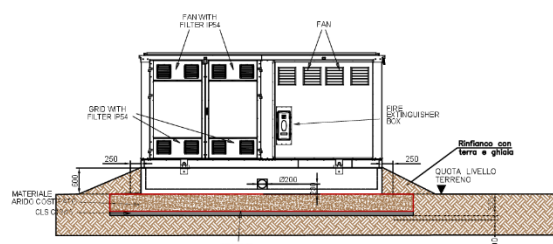
In particolare, saranno installate:

- N°14 Cabine di Trasformazione ('CT') relative all'impianto fotovoltaico sono collocate in posizione baricentrica rispetto alle varie aree dell'impianto, con la duplice funzione di collegare gli inverter presenti in campo e di elevare la tensione da BT a MT.
- N°5 Cabine Utente
- N°5 Cabina di Consegna MT ('CDIS') e-DISTRIBUZIONE

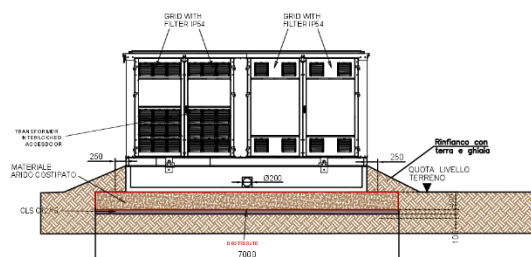
7.1 Cabine di trasformazione o power station e Cabine di consegna

Le power station e la cabina di consegna saranno delle strutture preassemblate, non cabinate. Di seguito si riporta il dettaglio costruttivo.

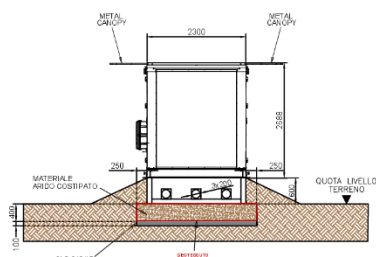
PROSPETTO A - SCALA 1:50



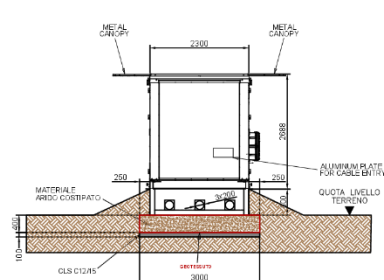
PROSPETTO C - SCALA 1:50



PROSPETTO B - SCALA 1:50

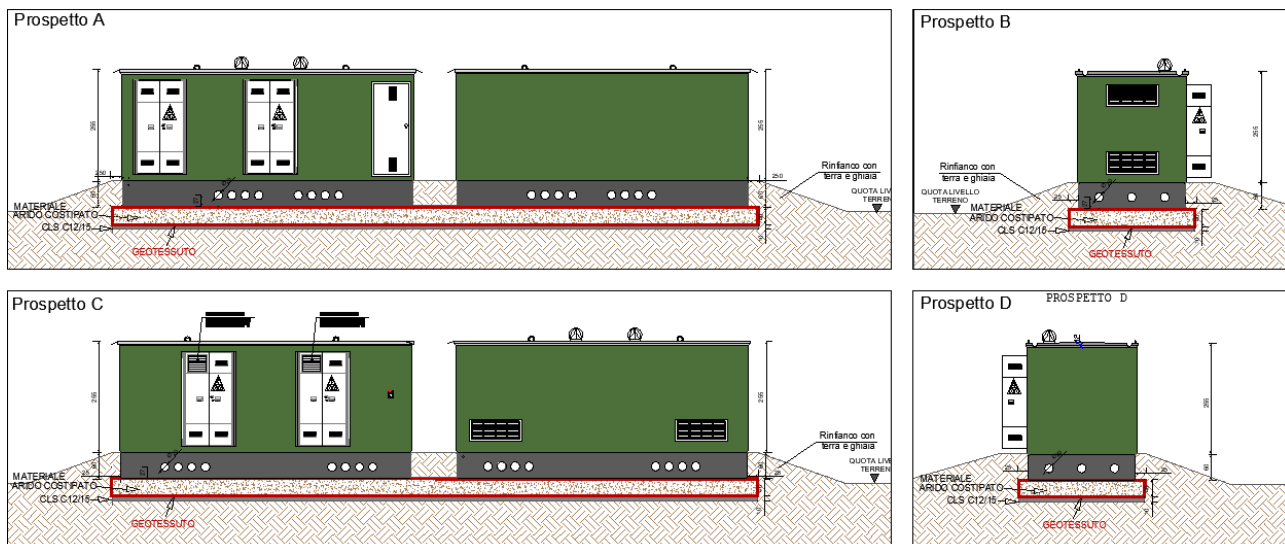


PROSPETTO D - SCALA 1:50



Cabina di trasformazione

La cabina di consegna impianto è una struttura prefabbricata all'interno della quale giungeranno le linee di collegamento delle power station di campo e dalla stessa partiranno le terne di cavi che si articoleranno fino al punto di immissione in SE. La cabina utente sarà in prossimità alla cabina di consegna di cui si riportano i prospetti:



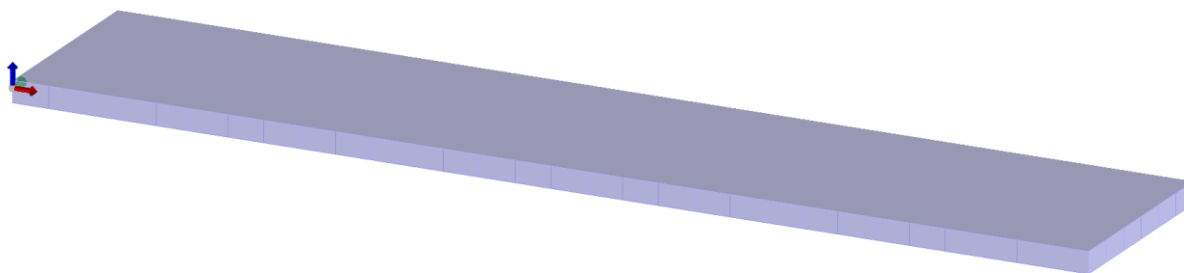
Le suddette strutture preassemblate e prefabbricate saranno corredate dei calcoli strutturali e certificati di collaudo ad opera del costruttore. In particolare, il costruttore consegnerà la cabina con un basamento di fondazione monoblocco a vasca, in modo da garantire flessibilità per quanto riguarda la distribuzione dei cavi all'interno della cabina e assicurare una corretta distribuzione dei carichi sul terreno.

7.2 AZIONI AGENTI SUI BASAMENTI

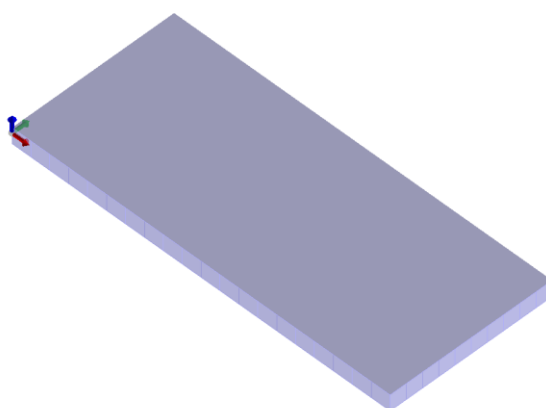
Per i basamenti di cui sopra si considerano, in via preliminare, i seguenti carichi:

- Peso power station cabine di consegna e cabina utente, comprensive di macchinari ed attrezzature corrispondente ad un carico ripartito di 1000 daN/mq;
- Si è considerato un sovraccarico accidentale di 400 daN/cm² Cabina:

Al fine di uniformare le fondazioni dei cabinati si riporta di seguito la schematizzazione assonometrica delle 3 tipologie di fondazioni previste per gli elementi funzionali.



Fondazione (15 m x 3 m x 0,30 m)



Fondazioni (7 m x 3 m)

7.3 MATERIALI IMPIEGATI E RESISTENZE DI CALCOLO

Tutti i materiali strutturali impiegati saranno muniti di marcatura CE, e saranno conformi alle prescrizioni del regolamento n. 305/2011 del parlamento europeo e del consiglio del 9 marzo 2011, in merito ai prodotti da costruzione. I materiali ed i vari prodotti necessari per la realizzazione delle componenti strutturali del progetto dovranno attenersi ai consueti canoni di selezione e scelta riportati in normativa. Si ritiene comunque necessario sottolineare che essi dovranno essere:

- identificati univocamente a cura del Produttore;
- qualificati sotto la responsabilità del Produttore;
- accettati dal Direttore dei Lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di qualificazione, nonché mediante eventuali prove sperimentali di accettazione.

Le prove su materiali e prodotti devono generalmente essere effettuate da:

- laboratori di prova notificati ai sensi dell'art.18 della Direttiva n.89/106/CEE
- laboratori di cui all'art.59 del DPR n.380/2001
- altri laboratori, dotati di adeguata competenza e idonee attrezzature, appositamente abilitati dal Servizio Tecnico Centrale

I produttori di materiali, prodotti o componenti dovranno dotarsi di adeguate procedure di controllo di produzione in fabbrica. Per controllo di produzione nella fabbrica si intende il controllo permanente della produzione, effettuato dal fabbricante. Tutte le procedure e le disposizioni adottate dal fabbricante dovranno essere documentate sistematicamente ed essere a disposizione di qualsiasi soggetto od ente di controllo che ne abbia titolo.

Acciaio in barre da c.a.

Tipo di acciaio: B450C

Caratteristiche	Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	$\geq f_{y nom}$	5.00
Tensione caratteristica di rottura	$\geq f_{t nom}$	5.00
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	10.00
$(f_y/f_{ynom})_k$	≤ 1.25	
Allungamento $(A_{gt})_k$	$\geq 7.5 \%$	
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche		
$\varnothing < 12 \text{ mm}$	4 \varnothing	
$12 \leq \varnothing \leq 16 \text{ mm}$	5 \varnothing	
per $16 \leq \varnothing \leq 25 \text{ mm}$	8 \varnothing	
per $25 \leq \varnothing \leq 40 \text{ mm}$	10 \varnothing	

Le barre sono caratterizzate dal diametro Φ della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³. L'acciaio per cemento armato B450C è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli e deve rispettare i requisiti indicati nelle seguenti tabelle.

$$e_{yd} = f_{yd} / E_s$$

$$e_{su} = 1\%$$

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

$$\sigma_s = 0,8 f_{yk}$$

Resistenza a snervamento dell'acciaio	f_{yk}	450	[N/mm ²]
Resistenza a rottura dell'acciaio a trazione	f_t	540	[N/mm ²]
Coefficiente di sicurezza parziale per l'acciaio	γ_s	1.15	[-]
Modulo di elasticità secante dell'acciaio	E_s	206000	[N/mm ²]
Deformazione a snervamento dell'acciaio	ϵ_{yd}	0.001957	[-]
Deformazione ultima dell'acciaio	ϵ_{su}	0.01	[-]
Resistenza di progetto a trazione dell'acciaio	f_{yd}	391.3	[N/mm ²]
Tensione ammissibile nell'acciaio per le combinazioni a SLS	σ_s	360	[N/mm ²]

Prima della fornitura in cantiere, gli elementi di cui sopra, possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

Gli acciai delle reti e tralicci elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare i 330 mm. Gli elementi base devono avere diametro Φ compreso tra 6 mm e 16 mm. Il rapporto tra i diametri delle barre componenti le reti deve essere: $\Phi_{\min} / \Phi_{\max} \geq 0,6$.

Calcestruzzo per getti in opera

Tipo di calcestruzzo: C25/30, rif. UNI ENV 1992-1-1

Compressive strength class	$f_{ck,cyl}^{1)}$	$f_{ck,cube}^{2)}$	$E_{cm}^{3) 4)}$	$E_{cm}^{5) 6)}$
	N/mm ²			
C 12/15	12	15	25800	21800
C 16/20	16	20	27400	23400
C 20/25	20	25	28800	24900
C 25/30	25	30	30500	26700
C 30/37	30	37	31900	28300
C 35/45	35	45	33300	29900
C 40/50	40	50	34500	31400
C 45/55	45	55	35700	32800

Nel Presente Progetto è previsto l'impiego di un calcestruzzo C25/30. Le Caratteristiche Meccaniche del Calcestruzzo sono di seguito riportate e seguono le formulazioni classiche della normativa italiana vigente.

Classe di consistenza: S4-S5 (a seconda della specifica destinazione)

- S4 (consistenza fluida – slump da 160 a 210 mm) → per le struttura entro e fuori terra in genere
- S5 (consistenza superfluida – slump ≥ 220 mm) → per le parti di calcestruzzo a vista e di modesto spessore e per le pareti perimetrali dei serbatoi, relativa fondazione e soletta di copertura
- Classe di esposizione:

- XC3 (protezione contro corrosione armatura indotta da carbonatazione – umidità moderata:
- $a/c_{max} = 0,55$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 320 (280) → per le strutture entro e fuori terra in genere
- XC2 (protezione contro corrosione armatura indotta da carbonatazione – bagnato, raramente asciutto: $a/c_{max} = 0,60$; dosaggio minimo di cemento (kg/m^3) = 300 (280) → per le pareti perimetrali dei serbatoi, relativa fondazione e soletta di copertura
- Copriferro: 3.0 cm → per le struttura entro e fuori terra in genere
- Tipo di aggregato: normale, di origine naturale o artificiale
- Dimensione dell'aggregato: diametro massimo circa 20 mm Qualità dei componenti:
- La sabbia deve essere viva, con grani assortiti in grossezza da 0 a 3 mm, non proveniente da rocce in decomposizione, scricchiolante alla mano, pulita, priva di materie organiche, melmose, terrose e di salsedine
- La ghiaia deve contenere elementi assortiti, di dimensioni fino a circa 20 mm, resistenti e non gelivi, non friabili, scevri di sostanze estranee Prescrizioni:
- Utilizzare cemento pozzolanico CEMIV secondo UNI EN 197-1 → per le parti di calcestruzzo a vista, relativa fondazione e soletta di copertura.

7.4 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU TERRENI

Per la determinazione del carico limite del complesso terreno-fondazione (inteso come valore asintotico del diagramma carico-cedimento) si fa riferimento a due principali meccanismi di rottura: il "meccanismo generale" e quello di "punzonamento". Il primo è caratterizzato dalla formazione di una superficie di scorrimento: il terreno sottostante la fondazione rifluisce lateralmente e verso l'alto, conseguentemente il terreno circostante la fondazione è interessato da un meccanismo di sollevamento ed emersione della superficie di scorrimento. Il secondo meccanismo è caratterizzato dall'assenza di una superficie di scorrimento ben definita: il terreno sotto la fondazione si comprime ed in corrispondenza della superficie del terreno circostante la fondazione si osserva un abbassamento generalizzato. Quest'ultimo meccanismo non consente una precisa individuazione del carico limite in quanto la curva cedimenti-carico applicato non raggiunge mai un valore asintotico ma cresce indefinitamente. Vesic ha studiato il fenomeno della rottura per punzonamento assimilando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura per carico limite all'espansione di una cavità cilindrica. In questo caso il fenomeno risulta retto da un indice di rigidezza " I_r " così definito:

$$I_r = \frac{G}{c' + \sigma' \cdot \tan(\varphi)}$$

Per la determinazione del modulo di rigidezza a taglio si utilizzeranno le seguenti relazioni:

$$G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)}; \quad E = E_{ed} \frac{1 - \nu - 2 \cdot \nu^2}{1 - \nu}; \quad \nu = \frac{k_0}{1 + k_0}; \quad k_0 = 1 - \sin(\varphi).$$

L'indice di rigidezza viene confrontato con l'indice di rigidezza critico " $I_{r,crit}$ ":

$$I_{r,crit} = \frac{e^{\left[\left(3.3 - 0.45 \cdot \frac{B}{L} \right) \cdot \tan \left(45^\circ - \frac{\varphi}{2} \right) \right]}}{2}.$$

La rottura per punzonamento del terreno di fondazione avviene quando l'indice di rigidezza è minore di quello critico. Tale teoria comporta l'introduzione di coefficienti correttivi all'interno della formula trinomia del carico limite detti "coefficienti di punzonamento" i quali sono funzione dell'indice di rigidezza, dell'angolo d'attrito e della geometria dell'elemento di fondazione. La loro espressione è la seguente:

- se $I_r < I_{r,crit}$ si ha :

$$\Psi_\gamma = \Psi_q = e^{\left[\left(0.6 \frac{B}{L} - 4.4 \right) \cdot \lg(\varphi) + \frac{3.07 \cdot \sin(\varphi) \cdot \lg_{10}(2 \cdot I_r)}{1 + \sin(\varphi)} \right]} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_\gamma = \Psi_q = 1$$

$$\Psi_c = \Psi_q - \frac{1 - \Psi_q}{N_c \cdot \lg(\varphi)} \quad \text{se } \varphi = 0 \Rightarrow \Psi_c = 0.32 + 0.12 \cdot \frac{B}{L} + 0.6 \cdot \lg_{10}(I_r)$$

- se $I_r > I_{r,crit}$ si ha che $\psi_g = \psi_q = \psi_c = 1$.

Il significato dei simboli adottati nelle equazioni sopra riportate è il seguente:

- E_{ed} modulo edometrico del terreno sottostante la fondazione
- n coefficiente di Poisson del terreno sottostante la fondazione
- k_0 coefficiente di spinta a riposo del terreno sottostante la fondazione
- j angolo d'attrito efficace del terreno sottostante il piano di posa
- c' coesione (espressa in termini di tensioni efficaci)
- σ' tensione litostatica effettiva a profondità $D+B/2$
- L luce delle singole travi di fondazione
- D profondità del piano di posa della fondazione a partire dal piano campagna
- B larghezza della trave di fondazione

Definito il meccanismo di rottura, il calcolo del carico limite viene eseguito modellando il terreno come un mezzo rigido perfettamente plastico con la seguente espressione:

$$q_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot \Psi_q + c \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot \Psi_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma \cdot d_\gamma \cdot i_\gamma \cdot \Psi_\gamma \cdot r_\gamma$$

Il significato dei termini presenti nella relazione trinomia sopra riportata è il seguente:

- N_q, N_c, N_γ , fattori adimensionali di portanza funzione dell'angolo d'attrito interno j del terreno
- s_q, s_c, s_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di forma
- d_q, d_c, d_γ , coefficienti che rappresentano il fattore dell'approfondimento
- i_q, i_c, i_γ , coefficienti che rappresentano il fattore di inclinazione del carico
- g_1 peso per unità di volume del terreno sovrastante il piano di posa
- g_2 peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa

Per fondazioni aventi larghezza modesta si dimostra che il terzo termine non aumenta indefinitamente e per valori elevati di "B", sia secondo Vesic che secondo de Beer, il valore limite è prossimo a quello di una fondazione profonda. Bowles per fondazioni di larghezza maggiore di 2.00 metri propone il seguente fattore riduttivo:

$$r_\gamma = 1 - 0.25 \cdot \log_{10} \left(\frac{B}{2} \right) \quad \text{dove "B" va espresso in metri.}$$

Questa relazione risulta particolarmente utile per fondazioni larghe con rapporto D/B basso (platee e simili), caso nel quale il terzo termine dell'equazione trinomia è predominante.

Nel caso di carico eccentrico Meyerhof consiglia di ridurre le dimensioni della superficie di contatto (A_f) tra fondazione e terreno (B, L) in tutte le formule del calcolo del carico limite. Tale riduzione è espressa dalle seguenti relazioni:

$$B_{rid} = B - 2 \cdot e_B \quad L_{rid} = L - 2 \cdot e_L \quad \text{dove } e_B, e_L \text{ sono le eccentricità relative alle dimensioni in esame.}$$

L'equazione trinomia del carico limite può essere risolta secondo varie formulazioni, di seguito si riportano quelle che sono state implementate:

Formulazione di Hansen (1970)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 1.5 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg \left(\frac{D}{B} \right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{0.5 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_1} \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \right]^{\alpha_2} \quad i_c = i_q - \frac{1 - i_q}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}} \right)$$

Formulazione di Vesic (1975)

$$N_q = tg^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot tg(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.4 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = 1 + \frac{N_q \cdot B}{N_c \cdot L}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1-i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione di Brinch-Hansen

$$N_q = \text{tg}^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot \text{tg}(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q + 1) \cdot \text{tg}(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \text{ctg}(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_\gamma = 1 + 0.1 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))} \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B \cdot (1 + \sin(\varphi))}{L \cdot (1 - \sin(\varphi))}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot \text{tg}(\varphi) \cdot (1 - \sin(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = d_q - \frac{1 - d_q}{N_c \cdot \text{tg}(\varphi)}$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = \arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

$$i_q = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^m \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot \text{ctg}(\varphi)}\right]^{m+1} \quad i_c = i_q - \frac{1-i_q}{N_q - 1}$$

$$\text{dove: } m = m_B = \frac{2 + \frac{B}{L}}{1 + \frac{B}{L}} \quad m = m_L = \frac{2 + \frac{L}{B}}{1 + \frac{L}{B}}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 1 - \frac{m \cdot H}{A_f \cdot c_a \cdot N_c}$$

Formulazione Eurocodice 7

$$N_q = tg^2\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right) \cdot e^{\pi \cdot tg(\varphi)} \quad N_\gamma = 2 \cdot (N_q - 1) \cdot tg(\varphi) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot ctg(\varphi)$$

- se $\varphi \neq 0$ si ha:

$$s_q = 1 + \frac{B}{L} \cdot sen(\varphi) \quad s_\gamma = 1 - 0.3 \cdot \frac{B}{L} \quad s_c = \frac{s_q \cdot (N_q - 1)}{N_q - 1}$$

$$d_q = 1 + 2 \cdot tg(\varphi) \cdot (1 - sen(\varphi))^2 \cdot \Theta \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$\text{dove: se } \frac{D}{B} \leq 1 \Rightarrow \Theta = \frac{D}{B}, \text{ se } \frac{D}{B} > 1 \Rightarrow \Theta = arctg\left(\frac{D}{B}\right)$$

- se H è parallela al lato B si ha:

$$i_q = \left[1 - \frac{0.7 \cdot H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^3 \quad i_\gamma = \left[1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)}\right]^3 \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se H è parallela al lato L si ha:

$$i_q = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_\gamma = 1 - \frac{H}{V + A_f \cdot c_a \cdot ctg(\varphi)} \quad i_c = \frac{i_q \cdot N_q - 1}{N_q - 1}$$

- se $\varphi = 0$ si ha:

$$s_q = 1.0 \quad s_\gamma = 1.0 \quad s_c = 1 + 0.2 \cdot \frac{B}{L}$$

$$d_q = 1.0 \quad d_\gamma = 1.0 \quad d_c = 1 + 0.4 \cdot \Theta$$

$$i_q = 1.0 \quad i_\gamma = 1.0 \quad i_c = 0.5 \cdot \left(1 + \sqrt{1 - \frac{H}{A_f \cdot c_a}}\right)$$

Si ricorda che per le relazioni sopra riportate nel caso in cui $\varphi = 0 \Rightarrow N_q = 1.0$, $N_\gamma = 1.0$ e $N_c = 2 + \pi$. Il significato dei termini presenti nelle relazioni su descritte è il seguente:

- V componente verticale del carico agente sulla fondazione
- H componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- c_a adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- α_1, α_2 esponenti di potenza che variano tra 2 e 5

Nel caso in cui il cuneo di fondazione sia interessato da falda idrica il valore di γ_2 nella formula trinomia assume la seguente espressione:

$$\gamma_2 = \frac{\gamma \cdot z + \gamma_{sat} \cdot (h_c - z)}{h_c} \quad h_c = \frac{B}{2} \cdot tg\left(\frac{90^\circ + \varphi}{2}\right)$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- γ peso per unità di volume del terreno sottostante il piano di posa
- γ_{sat} peso per unità di volume saturo del terreno sottostante il piano di posa
- z profondità della falda dal piano di posa
- h_c altezza del cuneo di rottura della fondazione

Tutto ciò che è stato detto sopra è valido nell'ipotesi di terreno con caratteristiche geotecniche omogenee. Nella realtà i terreni costituenti il piano di posa delle fondazioni sono quasi sempre composti, o comunque riconducibili, a formazioni di terreno omogenee di spessore variabile che si sovrappongono (caso di terreni stratificati). In queste condizioni i parametri vengono determinati con la seguente procedura:

- viene determinata l'altezza del cuneo di rottura in funzione delle caratteristiche geotecniche degli strati attraversati; quindi si determina il numero degli strati interessati da esso
- in corrispondenza di ogni superficie di separazione, partendo da quella immediatamente sottostante il piano di posa della fondazione, fino a raggiungere l'altezza del cuneo di rottura, viene determinata la capacità portante di ogni singolo strato come somma di due valori: il primo dato dall'applicazione della formula trinomia alla quota i -esima dello strato; il secondo dato dalla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato in esame
- il minimo di questi due valori sarà assunto come valore massimo della capacità portante della fondazione stratificata

Si può formulare il procedimento anche in forma analitica:

$$q'_{ult} = [q''_{ult} + q_{resT}]_{\min} = \left[q''_{ult} + \frac{p}{A_f} (P_V \cdot K_s \cdot \operatorname{tg}(\varphi) + d \cdot c) \right]_{\min}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q''_{ult} carico limite per un'ipotetica fondazione posta alla quota dello strato interessato
- p perimetro della fondazione
- P_V spinta verticale del terreno dal piano di posa allo strato interessato
- K_s coefficiente di spinta laterale del terreno
- d distanza dal piano di posa allo strato interessato

7.5 CARICO LIMITE DI FONDAZIONI SUPERFICIALI SU ROCCIA

Per la determinazione del carico limite nel caso di presenza di ammasso roccioso bisogna valutare molto attentamente il grado di solidità della roccia stessa. Tale valutazione viene in genere eseguita stimando l'indice RQD (Rock Quality Designation) che rappresenta una misura della qualità di un ammasso roccioso. Tale indice può variare da un minimo di 0 (caso in cui la lunghezza dei pezzi di roccia estratti dal carotiere è inferiore a 100 mm) ad un massimo di 1 (caso in cui la carota risulta integra) ed è calcolato nel seguente modo:

$$RQD = \frac{\sum \text{lunghezze dei pezzi di roccia intatta } > 100\text{mm}}{\text{lunghezza del carotiere}}.$$

Se il valore di RQD è molto basso la roccia è molto fratturata ed il calcolo della capacità portante dell'ammasso roccioso va condotto alla stregua di un terreno sciolto utilizzando tutte le formulazioni sopra descritte.

Per ricavare la capacità portante di rocce non assimilabili ad ammassi di terreno sciolto sono state implementate due formulazioni: quella di Terzaghi (1943) e quella di Stagg-Zienkiewicz (1968), entrambe correlate all'indice RQD . In definitiva il valore della capacità portante sarà espresso dalla seguente relazione:

$$q'_{ult} = q''_{ult} \cdot RQD^2$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- q'_{ult} carico limite dell'ammasso roccioso
- q''_{ult} carico limite calcolato alla Terzaghi o alla Stagg-Zienkiewicz

In questo caso l'equazione trinomia del carico limite assume la seguente forma:

$$q''_{ult} = \gamma_1 \cdot D \cdot N_q + c \cdot N_c \cdot s_c + \gamma_2 \cdot \frac{B}{2} \cdot N_\gamma \cdot s_\gamma$$

I termini presenti nell'equazione hanno lo stesso significato già visto in precedenza; i coefficienti di forma assumeranno i seguenti valori:

$s_c = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme e

$s_c = 1.3$ per fondazioni di tipo quadrato;

$s_\gamma = 1.0$ per fondazioni di tipo nastriforme e

$s_\gamma = 0.8$ per fondazioni di tipo quadrato.

I fattori adimensionali di portanza a seconda della formulazione adottata saranno:

Formulazione di Terzaghi (1943)

$$N_q = \frac{e^{2 \left(0.75 \cdot \pi - \frac{\varphi}{2} \right) \cdot \operatorname{tg}(\varphi)}}{2 \cdot \cos^2 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)} \quad N_\gamma = \frac{\operatorname{tg}(\varphi)}{2} \left(\frac{K_{py}}{\cos^2(\varphi)} - 1 \right) \quad N_c = (N_q - 1) \cdot \operatorname{ctg}(\varphi)$$

se $\varphi = 0 \Rightarrow N_c = 1.5 \cdot \pi + 1$

φ	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
K_{py}	10.8	12.2	14.7	18.6	25.0	35.0	52.0	82.0	141.0	298.0	800.0

Formulazione di Stagg-Zienkiewicz (1968)

$$N_q = \operatorname{tg}^6 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right) \quad N_\gamma = N_q + 1 \quad N_c = 5 \cdot \operatorname{tg}^4 \left(\frac{90^\circ + \varphi}{2} \right)$$

7.6 VERIFICA A ROTTURA PER SCORRIMENTO DI FONDAZIONI SUPERFICIALI

Se il carico applicato alla base della fondazione non è normale alla stessa bisogna effettuare anche una verifica per rottura a scorrimento. Rispetto al collasso per scorrimento la resistenza offerta dal sistema fondale viene valutata come somma di due componenti: la prima derivante dall'attrito fondazione-terreno, la seconda derivante dall'adesione. In generale, oltre a queste due componenti, può essere tenuto in conto anche l'effetto della spinta passiva del terreno di ricoprimento esercita sulla fondazione fino ad un massimo del 30%. La formulazione analitica della verifica può essere esposta nel seguente modo:

$$T_{Sd} \leq T_{Rd} = N_{Sd} \cdot \operatorname{tg}(\delta) + A_f \cdot c_a + S_p \cdot f_{Sp}$$

dove i termini dell'espressione hanno il seguente significato:

- TSd componente orizzontale del carico agente sulla fondazione (sia lungo B che lungo L)
- NSd componente verticale del carico agente sulla fondazione
- ca adesione fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% della coesione)
- δ angolo d'attrito fondazione-terreno (valore variabile tra il 60% e 100% dell'angolo di attrito)
- Sp spinta passiva del terreno di ricoprimento della fondazione
- fSp percentuale di partecipazione della spinta passiva
- Af superficie di contatto del piano di posa della fondazione

La verifica deve essere effettuata sia per componenti taglianti parallele alla base della fondazione che per quelle ortogonali.

7.7 DETERMINAZIONE DELLE TENSIONI INDOTTE NEL TERRENO

Ai fini del calcolo dei cedimenti è essenziale conoscere lo stato tensionale indotto nel terreno a varie profondità da un carico applicato in superficie. Tale determinazione viene eseguita ipotizzando che il terreno si comporti come un mezzo continuo, elastico-lineare, omogeneo e isotopo. Tale assunzione, utilizzata per la determinazione della variazione delle tensioni verticali dovuta all'applicazione di un carico in superficie, è confortata dalla letteratura (Morgenstern e Phukan) perché la non linearità del materiale poco influenza la distribuzione delle tensioni verticali. Per ottenere un profilo verticale di pressioni si possono utilizzare tre metodi di calcolo: quello di Boussinesq, quello di Westergaard oppure quello di Mindlin; tutti basati sulla teoria del continuo elastico. Il metodo di Westergaard differisce da quello di Boussinesq per la presenza del coefficiente di Poisson "n", quindi si adatta meglio ai terreni stratificati. Il metodo di Mindlin differisce dai primi due per la possibilità di posizionare il carico all'interno del continuo elastico mentre i primi due lo pongono esclusivamente sulla frontiera quindi si presta meglio al caso di fondazioni molto profonde. Nel caso di fondazioni poste sulla frontiera del continuo elastico il metodo di Mindlin risulta equivalente a quello di Boussinesq. Le espressioni analitiche dei tre metodi di calcolo sono:

$$\text{Boussinesq} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{3 \cdot Q \cdot z^3}{2 \cdot \pi \cdot (r^2 + z^2)^{\frac{5}{2}}} \quad \text{Westergaard} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{2 \cdot \pi \cdot z^2} \cdot \frac{\sqrt{\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu}}}{\left(\frac{1-2 \cdot \nu}{2-2 \cdot \nu} + \frac{r^2}{z^2}\right)^{\frac{3}{2}}}$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

$$\text{Mindlin} \Rightarrow \Delta\sigma_v = \frac{Q}{8 \cdot \pi \cdot (1 - \nu) \cdot D^2} \left(\begin{aligned} & - \frac{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (m - 1)}{A^3} + \frac{(1 - 2 \cdot \nu) \cdot (m - 1)}{B^3} - \frac{3 \cdot (m - 1)^3}{A^5} - \frac{30 \cdot m \cdot (m + 1)^3}{B^7} \\ & - \frac{3 \cdot (3 - 4 \cdot \nu) \cdot m \cdot (m + 1)^2 - 3 \cdot (m + 1) \cdot (5 \cdot m - 1)}{B^5} \end{aligned} \right)$$

$$n = \frac{r}{D}; \quad m = \frac{z}{D}; \quad A^2 = n^2 + (m - 1)^2; \quad B^2 = n^2 + (m + 1)^2$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- Q carico puntiforme applicato sulla frontiera o all'interno del mezzo
- D proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dalla frontiera del mezzo
- r proiezione orizzontale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame
- z proiezione verticale della distanza del punto di applicazione del carico dal punto in esame

Basandosi sulle ben note equazioni ricavate per un carico puntiforme, l'algoritmo implementato esegue un'integrazione delle equazioni di cui sopra lungo la verticale di ogni punto notevole degli elementi fondali estesa a tutte le aree di carico presenti sulla superficie del terreno; questo consente di determinare la variazione dello stato tensionale verticale " $\Delta\sigma_v$ ". Bisogna sottolineare che, nel caso di pressione, "Q" va definito come "pressione netta", ossia la pressione in eccesso rispetto a quella geostatica esistente che può essere sopportata con sicurezza alla profondità "D" del piano di posa delle fondazioni. Questo perché i cedimenti sono causati solo da incrementi netti di pressione che si aggiungono all'esistente pressione geostatica.

7.8 CALCOLO DEI CEDIMENTI DELLA FONDAZIONE

La determinazione dei cedimenti delle fondazioni assume una rilevanza notevole per il manufatto da realizzarsi, in special modo nella fase di esercizio. Nell'evolversi della fase di cedimento il terreno passa da uno stato di sforzo corrente dovuto al peso proprio ad uno nuovo dovuto all'effetto del carico addizionale applicato. Questa variazione dello stato tensionale produce una serie di movimenti di rotolamento e scorrimento relativo tra i granuli del terreno, nonché deformazioni elastiche e rotture delle particelle costituenti il mezzo localizzate in una limitata zona d'influenza a ridosso dell'area di carico. L'insieme di questi fenomeni costituisce il cedimento che nel caso in esame è verticale. Nonostante la frazione elastica sia modesta, l'esperienza ha dimostrato che ai fini del calcolo dei cedimenti modellare il terreno come materiale pseudoelastico permette di ottenere risultati soddisfacenti. In letteratura sono descritti diversi metodi per il calcolo dei cedimenti ma si ricorda che, qualunque sia il metodo di calcolo, la determinazione del valore del cedimento deve intendersi come la miglior stima delle deformazioni subite dal terreno da attendersi all'applicazione dei carichi. Nel seguito vengono descritte le teorie implementate:

Metodo edometrico, che si basa sulla nota relazione:

$$w_{ed} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta\sigma_{v,i}}{E_{ed,i}} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $\Delta\sigma_{v,i}$ variazione dello stato tensionale verticale alla profondità " z_i " dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- $E_{ed,i}$ modulo edometrico del terreno relativo allo strato i-esimo

- Δz_i spessore dello strato i-esimo

Si ricorda che questo metodo si basa sull'ipotesi edometrica quindi l'accuratezza del risultato è maggiore quando il rapporto tra lo spessore dello strato deformabile e la dimensione in pianta delle fondazioni è ridotto, tuttavia il metodo edometrico consente una buona approssimazione anche nel caso di strati deformabili di spessore notevole.

Metodo dell'elasticità, che si basa sulle note relazioni:

$$w_{\text{Imp.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \Delta z_i \quad w_{\text{Lib.}} = \sum_{i=1}^n \frac{\Delta \sigma_{v,i}}{E_i} \cdot \frac{1-2 \cdot \nu^2}{1-\nu} \cdot \Delta z_i$$

dove i termini dell'espressioni hanno il seguente significato:

- $w_{\text{Imp.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale impedita
- $w_{\text{Lib.}}$ cedimento in condizioni di deformazione laterale libera
- $\Delta \sigma_{v,i}$ variazione stato tensionale verticale alla profondità "z_i" dello strato i-esimo per l'applicazione del carico
- E_i modulo elastico del terreno relativo allo strato i-esimo
- Δz_i spessore dello strato i-esimo

La doppia formulazione adottata consente di ottenere un intervallo di valori del cedimento elastico per la fondazione in esame (valore minimo per $w_{\text{Imp.}}$ e valore massimo per $w_{\text{Lib.}}$).

SIMBOLOGIA ADOTTATA NEI TABULATI DI CALCOLO

Per maggior chiarezza nella lettura dei tabulati di calcolo viene riportata la descrizione dei simboli principali utilizzati nella stesura degli stessi. Per comodità di lettura la legenda è suddivisa in paragrafi con la stessa modalità in cui sono stampati i tabulati di calcolo.

Dati geometrici degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento a partire dal piano campagna
- Base larghezza della sezione trasversale dell'elemento
- Altezza altezza della sezione trasversale dell'elemento
- Lung. Elem. dimensione dello sviluppo longitudinale dell'elemento
- Lung. Travata nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta la dimensione dello sviluppo longitudinale del macroelemento
- *per tipologia platea:*
- Indice Strat. indice della stratigrafia associata all'elemento
- Prof. Fon. profondità del piano di posa dell'elemento dal piano campagna
- Dia. Eq. diametro del cerchio equivalente alla superficie dell'elemento

- Spessore spessore dell'elemento
- Superficie superficie dell'elemento
- Vert. Elem. Numero dei vertici che costituiscono l'elemento
- Macro nel caso l'elemento appartenga ad un macroelemento, rappresenta il numero del macroelemento

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un'ulteriore riga nella quale sono riportate le caratteristiche geometriche del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Dati di carico degli elementi costituenti le fondazioni superficiali

per tipologie travi e plinti superficiali:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Ecc. B eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- Ecc. L eccentricità del carico normale agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Taglio B sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- S.Taglio L sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- S.Normale carico normale agente sul piano di fondazione
- T.T.min minimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale
- T.T.max massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale

per tipologia latea:

- Cmb numero della combinazione di carico
- Tipologia tipologia della combinazione di carico
- Sismica flag per l'applicazione della riduzione sismica alle caratteristiche meccaniche del terreno di fondazione per la combinazione di carico in esame
- Press. N1 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 1 dell'elemento
- Press. N2 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 2 dell'elemento
- Press. N3 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 3 dell'elemento
- Press. N4 tensione di contatto tra terreno e fondazione nel vertice n° 4 dell'elemento

- S.Taglio X sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse X del riferimento globale
- S.Taglio Y sforzo di taglio agente sul piano di fondazione in direzione parallela all'asse Y del riferimento globale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le macroazioni (integrale delle azioni applicate sui singoli elementi che compongono la platea) agenti sul plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo della portanza per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico
- Qlim capacità portante totale data dalla somma di Qlim q, Qlim g, Qlim c e di Qres P (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla portanza ammissibile)
- Qlim q termine relativo al sovraccarico della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim g termine relativo alla larghezza della base di fondazione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qlim c termine relativo alla coesione della formula trinomia per il calcolo della capacità portante (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qres P termine relativo alla resistenza al punzonamento del terreno sovrastante lo strato di rottura. Diverso da zero solo nel caso di terreni stratificati dove lo strato di rottura è diverso dal primo (nel caso in cui si operi alle tensioni ammissibili corrisponde alla relativa parte della portanza ammissibile)
- Qmax / Qlim rapporto tra il massimo valore della distribuzione tensionale di contatto tra terreno ed elemento fondale ed il valore della capacità portante (verifica positiva se il rapporto è < 1.0).
- TBlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento
- TB / TBlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela alla sezione trasversale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- TLlim valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento
- TL / TLlim rapporto tra lo sforzo di taglio agente ed il valore limite della resistenza a scorrimento in direzione parallela allo sviluppo longitudinale dell'elemento (verifica positiva se il rapporto è < 1.0)
- Sgm. Lt. tensione litostatica agente alla quota del piano di posa dell'elemento fondale

Nel caso si avesse scelto di determinare la portanza anche per gli elementi platea è presente un ulteriore riga nella quale sono riportate le verifiche di portanza del plinto equivalente alla macro/platea in esame.

Valori di calcolo dei cedimenti per fondazioni superficiali

- Cmb numero della combinazione di carico e tipologia
- Nodo vertice dell'elemento in cui viene calcolato il cedimento
- Car. Netto valore del carico netto applicato sulla superficie del terreno
- Cedimento/i valore del cedimento (nel caso di calcolo di cedimenti elastici i valori riportati sono due, il primo corrisponde al cedimento w_{lmp.}, mentre il secondo al cedimento w_{Lib.})

7.9 PARAMETRI DI CALCOLO E RISULTATI DELLE VERIFICHE GEOTECNICHE

Metodi di calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- - Per terreni sciolti: Vesic
- - Per terreni lapidei: Terzaghi

Fattori utilizzati per il calcolo della portanza per fondazioni superficiali :

- Riduzione dimensioni per eccentricità: si
- Fattori di forma della fondazione: si
- Fattori di profondità del piano di posa: si
- Fattori di inclinazione del carico: si
- Fattori di punzonamento (Vesic): si
- Fattore riduzione effetto piastra (Bowles): si
- Fattore di riduzione dimensione Base equivalente platea: 20,0 %
- Fattore di riduzione dimensione Lunghezza equivalente platea: 20,0 %

Coefficienti parziali di sicurezza per Tensioni Ammissibili, SLE nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

- Coeff. parziale di sicurezza F_c (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_q (statico): 2,50
- Coeff. parziale di sicurezza F_g (statico): 2,50

Combinazioni di carico:

APPROCCIO PROGETTUALE TIPO 2 - Comb. (A1+M1+R3)

Coefficienti parziali di sicurezza per SLU nel calcolo della portanza per fondazioni superficiali:

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura.

- Coeff. M1 per Tan f (statico): 1
- Coeff. M1 per c' (statico): 1
- Coeff. M1 per C_u (statico): 1
- Coeff. R3 capacità portante (statico e sismico): 2,30
- Coeff. R3 scorrimento (statico e sismico): 1,10

Parametri per la verifica a scorrimento delle fondazioni superficiali:

- - Fattore per l'adesione ($6 < Ca < 10$): 8
- - Fattore per attrito terreno-fondazione ($5 < Delta < 10$): 7
- - Frazione di spinta passiva f_{Sp} : 50,00 %
- - Coeff. resistenza sulle sup. laterali: 1,30

Metodi e parametri per il calcolo dei cedimenti delle fondazioni superficiali:

- Metodo di calcolo tensioni superficiali: Boussinesq
- Modalità d'interferenza dei bulbi tensionali: sovrapposizione dei bulbi
- Metodo di calcolo dei cedimenti del terreno: cedimenti edometrici

ARCHIVIO STRATIGRAFIE

Indice / Descrizione: 001 / Stratigrafia terreno

Numero strati: 1

Profondità falda: 200,00 cm

Strato n.	Quota di riferimento	Spessore	Indice / Descrizione terreno	Attrito Neg.
1	da 0,0 a -1500,0 cm	1500,0 cm	001 / Limo argilloso	Assente

ARCHIVIO TERRENI

Indice / Descrizione terreno: 001 / Limo argilloso

Comportamento del terreno: condizione non drenata

Peso Spec. Ades.	P. Spec. Sat.	Coes.non dren.	Mod.Elast.	Mod.Edom.	Dens.Rel.	PoissonC.
daN/cmc	daN/cmc	daN/cm ²	daN/cm ²	daN/cm ²	%	%
1,850 E-3	2,000 E-3	0,500	100,000	100,000	60,0	0,50

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI (FONDAZIONE CABINATI 15 X 3 X 0,3) m

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento	Tipologia Macro	Id.Strat.	Prof. Fon.	Dia. Eq.	Spessore	Superficie	Vertici
n.			cm	cm	cm	cm ²	n. per elem. n.
Platea n. 1	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 2	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 3	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 4	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 5	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 6	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 7	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 8	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 9	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1
Platea n. 10	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4 1

Platea n. 11	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 12	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 13	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 14	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 15	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 16	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 17	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 18	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 19	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 20	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 21	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 22	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 23	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 24	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 25	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 26	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 27	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 28	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 29	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 30	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 31	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 32	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 33	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 34	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 35	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 36	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 37	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 38	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 39	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 40	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 41	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 42	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 43	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Platea n. 44	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 45	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 46	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 47	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 48	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 49	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 50	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 51	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 52	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 53	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 54	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 55	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 56	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 57	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 58	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 59	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 60	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 61	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 62	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 63	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 64	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 65	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 66	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 67	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 68	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 69	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 70	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 71	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 72	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 73	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 74	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 75	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 76	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Platea n. 77	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 78	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 79	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 80	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 81	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 82	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 83	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 84	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 85	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 86	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 87	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 88	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 89	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 90	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 91	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 92	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 93	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 94	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 95	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 96	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 97	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 98	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 99	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 100	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 101	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 102	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 103	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 104	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 105	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 106	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 107	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 108	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 109	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Platea n. 110	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 111	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 112	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 113	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 114	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 115	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 116	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 117	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 118	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 119	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 120	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 121	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 122	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 123	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 124	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 125	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 126	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 127	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 128	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 129	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 130	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 131	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 132	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 133	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 134	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 135	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 136	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 137	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 138	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 139	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 140	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 141	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 142	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Platea n. 143	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 144	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 145	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 146	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 147	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 148	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 149	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 150	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 151	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 152	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 153	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 154	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 155	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 156	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 157	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 158	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 159	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 160	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 161	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 162	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 163	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 164	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 165	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 166	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 167	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 168	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 169	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 170	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 171	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 172	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 173	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 174	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 175	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Platea n. 176	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 177	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 178	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 179	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1
Platea n. 180	Platea	001	20.000	56.419	30.000	2500.000	4	1

Elemento	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon.	Base Eq.	Spessore	Lung. Eq.	Lung. Travata Eq.
n.			cm	cm	cm	cm	cm
Macro n. 1	Macro-Platea		001	20.000	240.000	30.000	1200.000
	1200.000						

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura. Le azioni trasmesse in fondazione, relative alle combinazioni di tipo sismico, non saranno amplificate in quanto determinate ipotizzando un comportamento non dissipativo.

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali gammaR di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 1

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.2012 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.6572 / 1.2173 = 0,540 Ok (Cmb. n. 004)

TB / TBlim = 0.0 / 115838.2 = 0,000 Ok (Cmb. n. 003)

TL / TLlim = 0.0 / 106949.4 = 0,000 Ok (Cmb. n. 007)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
003	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-129375.0	-0.1698	-0.6309
004	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-134775.0	-0.1769	-0.6572
007	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-105750.0	-0.1388	-0.5157

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.0505 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.4683 / 1.0666 = 0,439 Ok (Cmb. n. 038)

TB / TBlim = 40531.4 / 113274.1 = 0,358 Ok (Cmb. n. 038)

TL / TLlim = 40531.4 / 106436.6 = 0,381 Ok (Cmb. n. 014)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
014	SLV A1	Si	0.000	0.000	12159.4	40531.4	-96030.0	-0.1261	-0.4683

038 SLV A1 Si 0.000 0.000 40531.4 12159.4 -96030.0 -0.1261 -0.4683

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.1505 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.4683 / 1.1666 = 0,401 Ok (Cmb. n. 057)

TB / TBlim = 13634.4 / 113274.1 = 0,120 Ok (Cmb. n. 065)

TL / TLlim = 13634.4 / 106436.6 = 0,128 Ok (Cmb. n. 050)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
050	SLD	Si	0.000	0.000	4090.3	13634.4	-96030.0	-0.1261	-0.4683
057	SLD	Si	0.000	0.000	-13634.4	4090.3	-96030.0	-0.1261	-0.4683
065	SLD	Si	0.000	0.000	-13634.4	4090.3	-96030.0	-0.1261	-0.4683

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

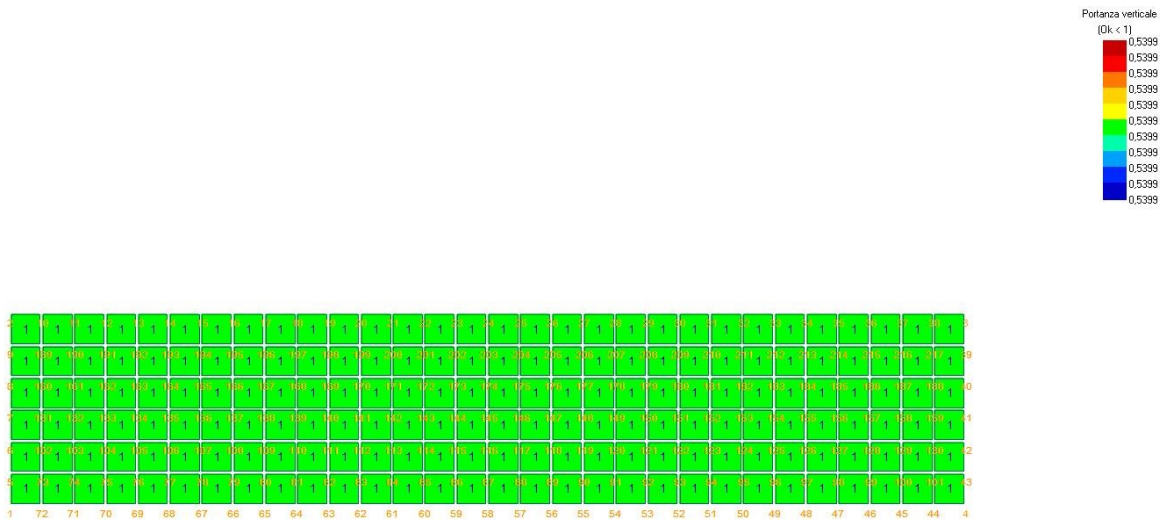
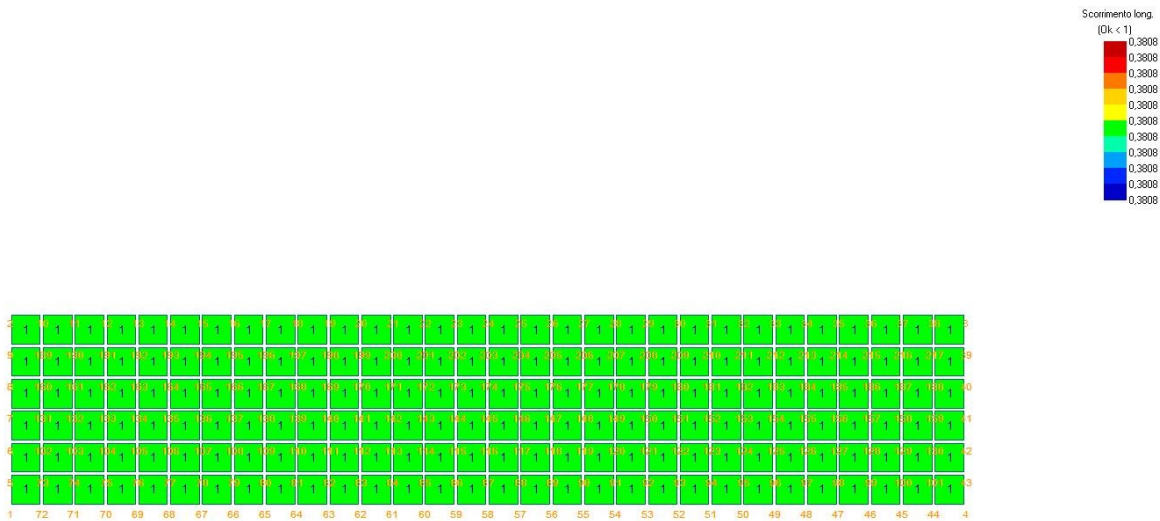
Elemento: Platea n. 1

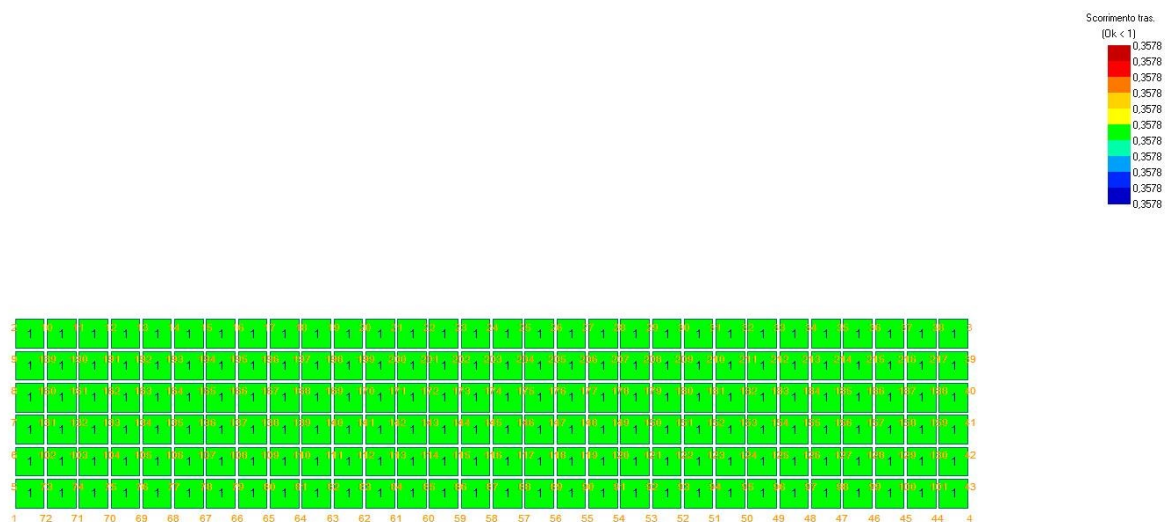
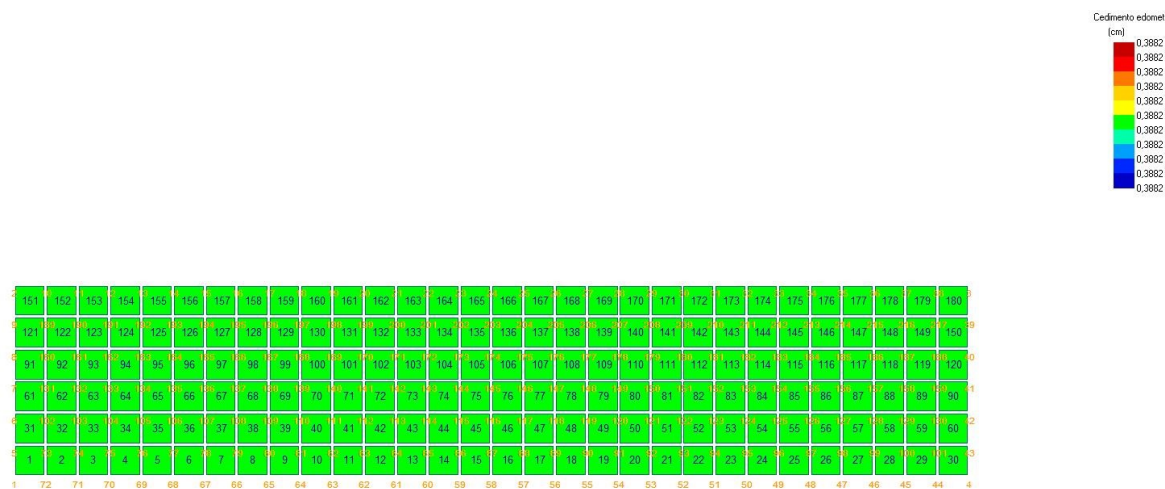
Sollecitazioni:

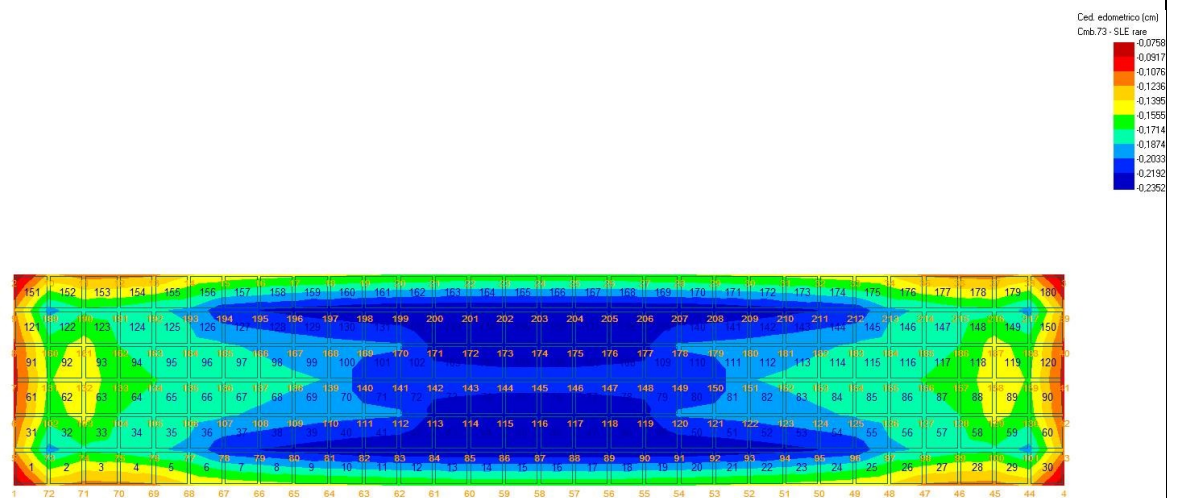
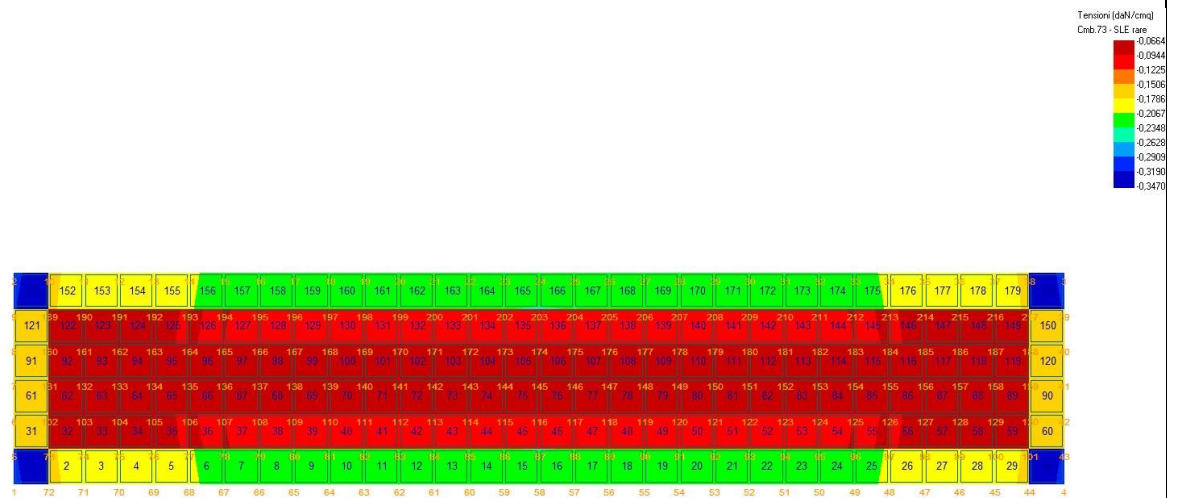
Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
073	SLE rare	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-78750.0	-0.1034	-0.3840
076	SLE rare	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-100350.1	-0.1317	-0.4893

Cedimento massimo = -0.388 cm in Cmb n. 076

Cedimento minimo = -0.076 cm in Cmb n. 073







DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI (FONDAZIONE CABINATI 7 X 3 X 0,3) m

DATI GEOMETRICI DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI LE FONDAZIONI SUPERFICIALI

Elemento	Tipologia Macro	Id.Strat.	Prof. Fon.	Dia. Eq.	Spessore	Superficie	Vertici	
n.			cm	cm	cm	cm ²	n. per elem.	n.
Platea n. 1	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 2	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 3	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 4	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 5	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 6	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 7	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 8	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 9	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 10	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 11	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 12	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 13	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 14	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 15	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 16	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 17	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 18	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 19	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 20	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 21	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 22	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 23	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 24	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 25	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 26	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 27	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 28	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 29	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 30	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 31	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 32	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 33	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 34	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 35	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 36	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 37	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 38	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 39	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 40	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 41	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 42	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 43	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 44	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 45	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 46	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 47	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 48	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 49	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 50	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 51	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 52	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 53	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 54	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 55	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 56	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 57	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 58	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 59	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 60	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 61	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 62	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 63	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 64	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 65	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 66	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 67	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 68	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 69	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 70	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 71	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 72	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 73	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 74	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 75	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 76	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 77	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 78	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 79	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 80	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 81	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 82	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 83	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 84	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 85	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 86	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 87	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 88	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 89	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 90	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 91	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 92	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 93	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 94	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 95	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 96	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 97	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 98	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 99	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 100	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 101	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 102	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 103	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 104	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 105	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 106	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 107	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 108	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 109	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 110	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 111	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 112	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 113	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 114	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 115	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 116	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 117	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 118	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 119	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 120	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 121	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 122	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 123	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 124	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 125	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 126	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 127	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 128	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 129	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 130	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 131	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 132	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 133	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 134	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 135	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 136	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 137	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 138	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 139	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 140	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 141	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 142	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 143	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 144	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 145	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 146	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 147	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 148	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 149	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 150	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 151	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 152	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 153	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 154	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 155	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 156	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 157	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 158	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 159	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 160	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 161	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 162	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 163	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 164	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 165	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 166	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 167	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 168	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 169	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 170	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 171	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 172	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 173	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 174	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 175	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 176	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 177	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 178	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 179	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 180	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 181	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 182	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 183	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 184	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 185	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 186	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 187	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 188	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 189	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 190	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Platea n. 191	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 192	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 193	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 194	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 195	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 196	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 197	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 198	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 199	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1
Platea n. 200	Platea	001	20.000	36.564	30.000	1050.000	4	1

Elemento	Tipologia	Id.Strat.	Prof. Fon.	Base Eq.	Spessore	Lung. Eq.	Lung. Travata Eq.
n.			cm	cm	cm	cm	cm
Macro n. 1	Macro-Platea		001	20.000	240.000	30.000	560.000
	560.000						

VALORI DI CALCOLO DELLA PORTANZA PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

I coeff. A1 risultano combinati secondo lo schema presente nella relazione di calcolo della struttura. Le azioni trasmesse in fondazione, relative alle combinazioni di tipo sismico, non saranno amplificate in quanto determinate ipotizzando un comportamento non dissipativo.

La verifica nei confronti dello Stato Limite di Danno viene eseguita determinando il carico limite della fondazione per le corrispondenti azioni di SLD, impiegando i coefficienti parziali gammaR di cui alla tabella 7.11.II.

N.B. La relazione è redatta in forma sintetica. Verranno riportati solo i casi maggiormente gravosi per ogni tipo di combinazione e le relative verifiche.

Macro platea: 1

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLU STR**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.2540 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.6677 / 1.2701 = 0,526 Ok (Cmb. n. 004)

TB / TBlim = 0.0 / 54057.8 = 0,000 Ok (Cmb. n. 003)

TL / TLLim = 0.0 / 51094.9 = 0,000 Ok (Cmb. n. 002)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
002	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-50295.0	-0.1723	-0.5339
003	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-60375.0	-0.2069	-0.6409
004	SLU STR	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-62895.0	-0.2155	-0.6677

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLV A1 sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.1081 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.4757 / 1.1242 = 0,423 Ok (Cmb. n. 025)

TB / TBlim = 18914.7 / 52861.3 = 0,358 Ok (Cmb. n. 025)

TL / TLlim = 18914.7 / 50582.1 = 0,374 Ok (Cmb. n. 021)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
021	SLV A1	Si	0.000	0.000	-5674.4	18914.7	-44814.0	-0.1536	-0.4757
025	SLV A1	Si	0.000	0.000	-18914.7	5674.4	-44814.0	-0.1536	-0.4757

Risultati più gravosi per cmb. di tipo **SLD sism.**:

Sgm. Lt (tens. litostatica) = -0.0370 daN/cm²

Qlim = Qlim c + Qlim q + Qlim g + Qres P = 1.2049 + 0.0161 + 0.0000 + 0.0000

Qmax / Qlim = 0.4757 / 1.2210 = 0,390 Ok (Cmb. n. 057)

TB / TBlim = 6362.7 / 52861.3 = 0,120 Ok (Cmb. n. 061)

TL / TLlim = 6362.7 / 50582.1 = 0,126 Ok (Cmb. n. 045)

Sollecitazioni:

Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
045	SLD	Si	0.000	0.000	-1908.8	6362.7	-44814.0	-0.1536	-0.4757
057	SLD	Si	0.000	0.000	-6362.7	1908.8	-44814.0	-0.1536	-0.4757
061	SLD	Si	0.000	0.000	-6362.7	1908.8	-44814.0	-0.1536	-0.4757

VALORI DI CALCOLO DEI CEDIMENTI PER FONDAZIONI SUPERFICIALI

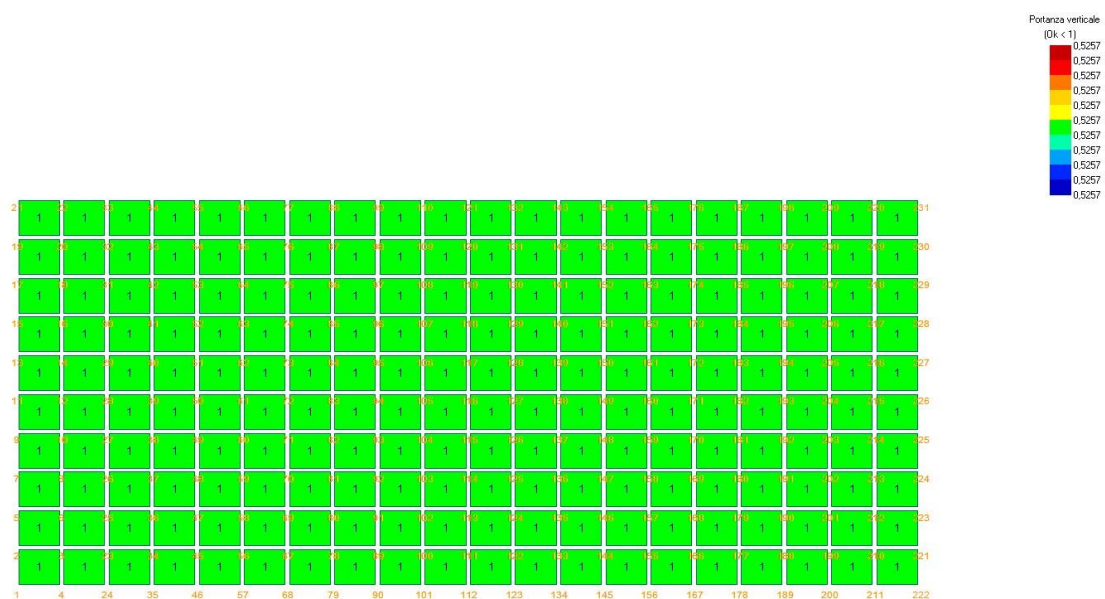
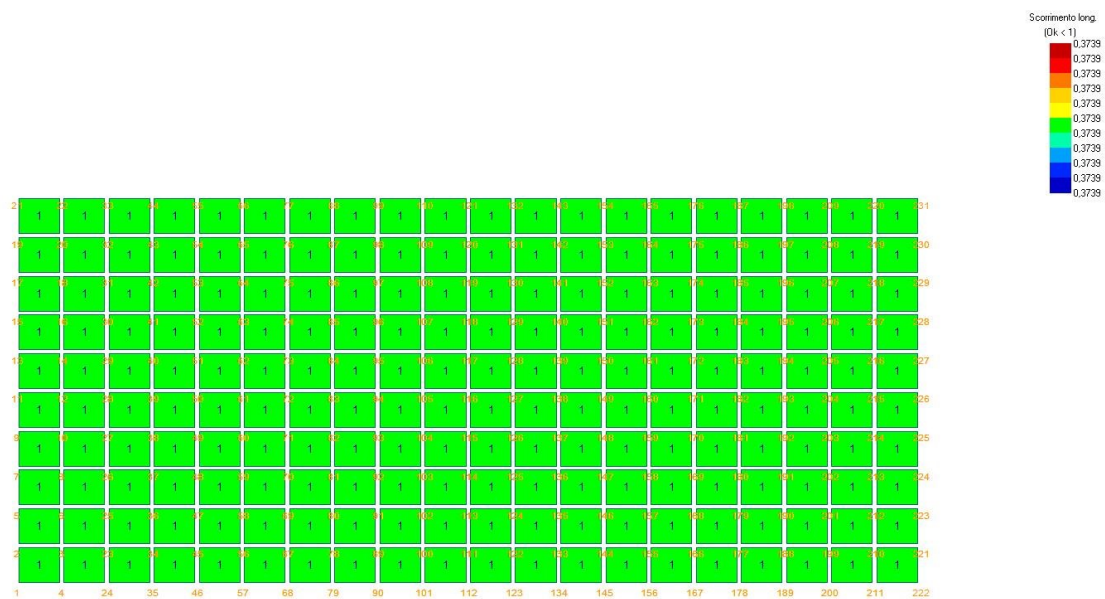
Elemento: Platea n. 1

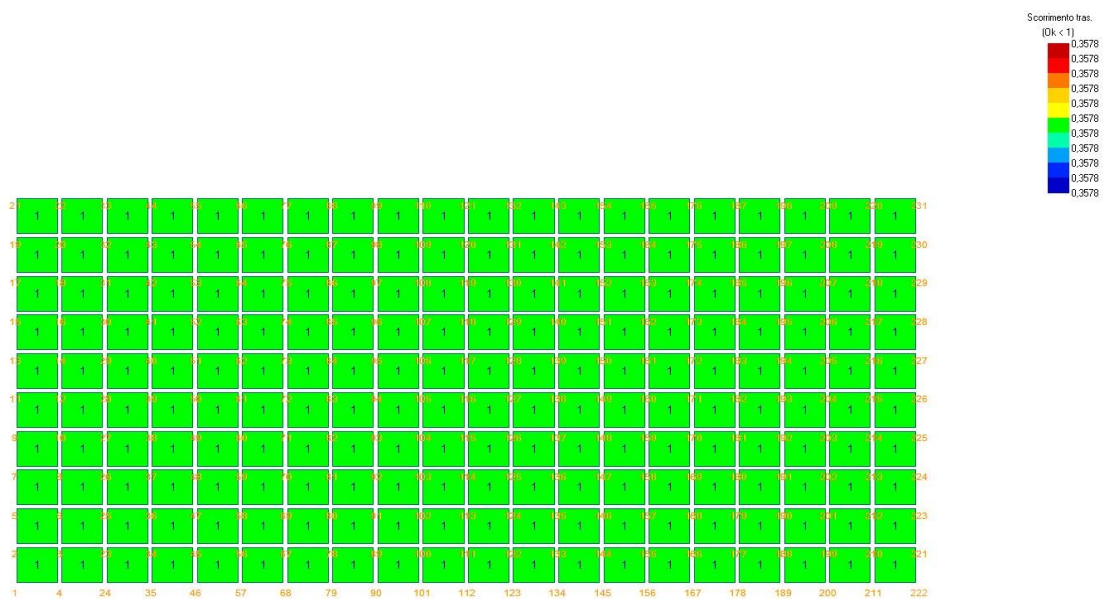
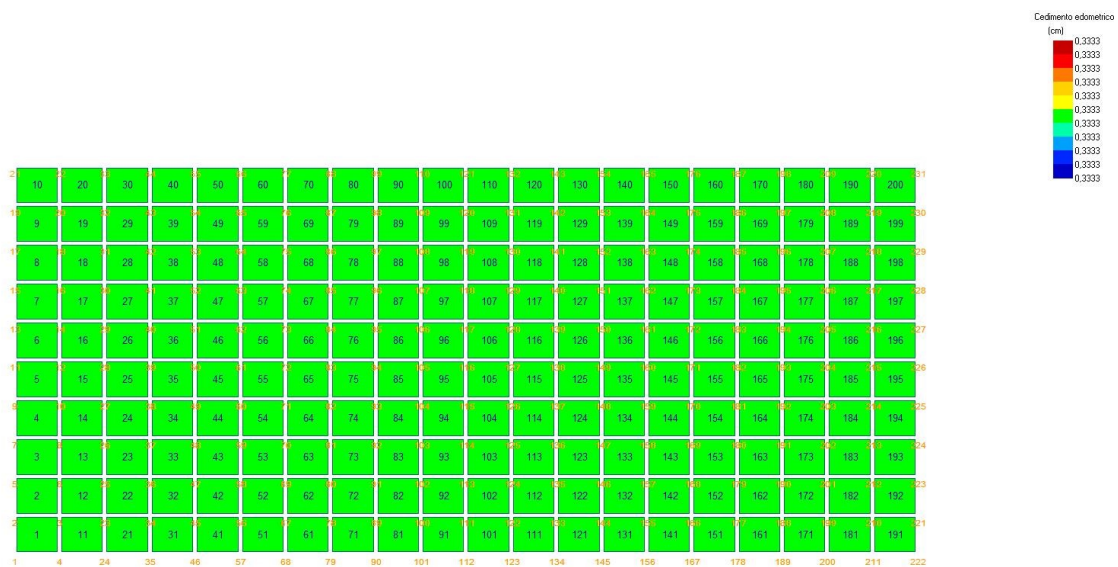
Sollecitazioni:

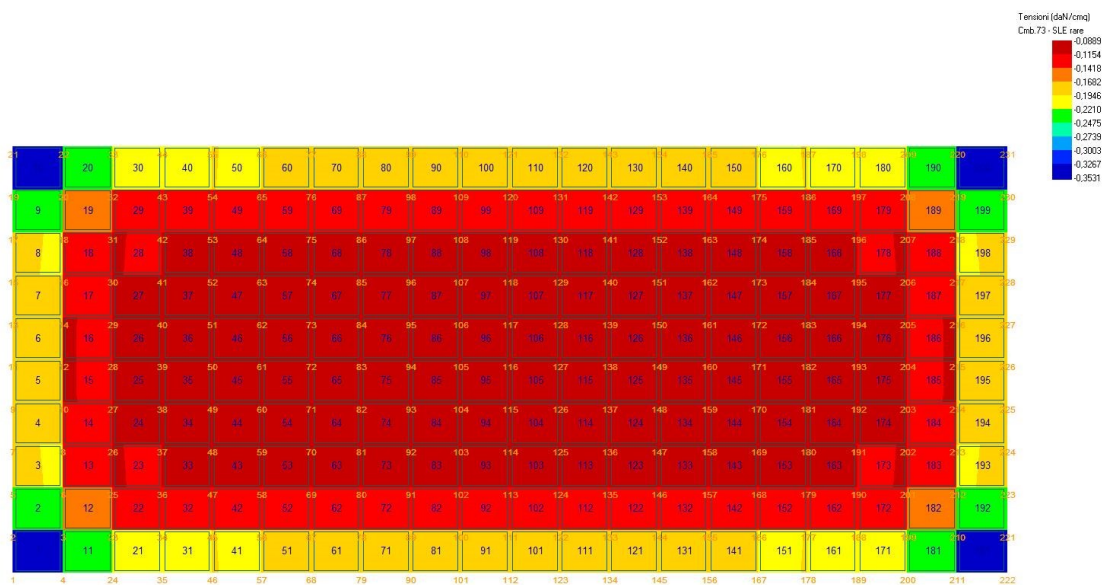
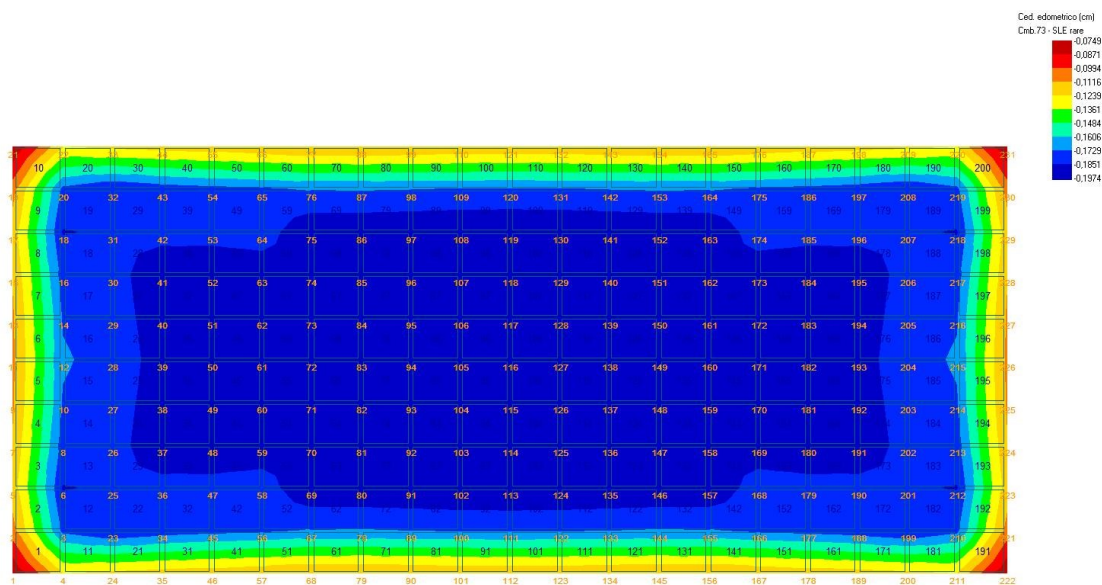
Cmb	Tipo	Sism.	Ecc. B	Ecc. L	S. Taglio B	S. Taglio L	S. Normale	T.T. min	T.T. max
n.			cm	cm	daN	daN	daN	daN/cm ²	daN/cm ²
073	SLE rare	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-36750.0	-0.1259	-0.3901
076	SLE rare	No	0.000	0.000	0.0	0.0	-46830.0	-0.1605	-0.4971

Cedimento massimo = -0.333 cm in Cmb n. 076

Cedimento minimo = -0.075 cm in Cmb n. 073







8 VERIFICA PRELIMINARE TRACKER

Il presente capitolo descrive la verifica preliminare degli elementi strutturali componenti due inseguitori meccanici mono assiali (tracker) progettati per un impianto comparabile a quello oggetto della presente relazione, fornita dal costruttore.

8.1 NORMATIVE

- D.M. LL. PP. 11-03-88: Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circolare Ministeriale del 24-07-88, n. 30483/STC.
- Legge 02-02-74 n. 64, art. 1 - D.M. 11-03-88: Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Norme Tecniche per le Costruzioni - D.M. 17-01-18: Sicurezza e prestazioni attese (cap.2), Azioni sulle costruzioni (cap.3), Costruzioni in calcestruzzo (par.4.1), Costruzioni in legno (par.4.4), Costruzioni in muratura (par.4.5), Progettazione geotecnica (cap.6), Progettazione per azioni sismiche (cap.7), Costruzioni esistenti (cap.8), Riferimenti tecnici (cap.12), EC3.
- Circolare n.7 del 21-01-19 C.S.LL.PP: Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle N.T.C. di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.
- EUROCODICE 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – azioni del vento (UNI EN 1991-1-4:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici (UNI EN 1993-1-1:2005);
- EUROCODICE 3 – Progettazione delle Strutture in acciaio – Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti (UNI EN 1993-1-8:2005);

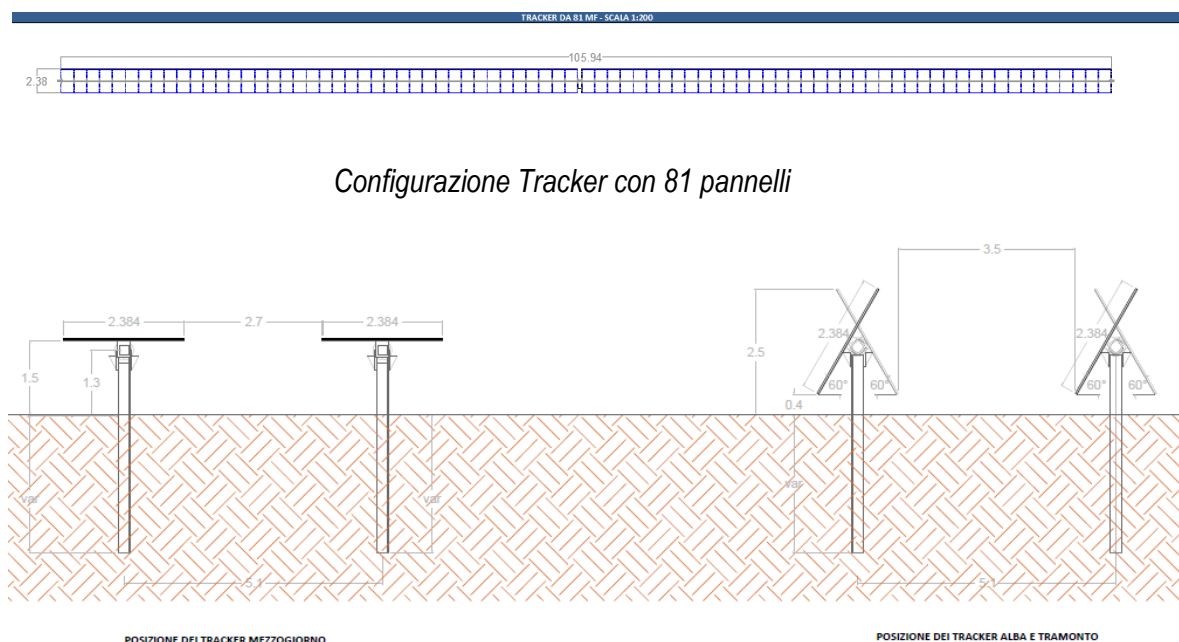
8.2 Caratteristiche geometriche moduli fotovoltaici

La struttura meccanica è costituita da elementi verticali infissi direttamente nel terreno. Detti elementi rappresentano al contempo sia i montanti verticali fuori terra che le fondazioni profonde. Gli elementi orizzontali principali sono costituiti da profili a sezione tubolare cava, denominati beam. I supporti moduli sono posizionati sulla trave in maniera ortogonale alla stessa ed hanno la funzione di sorreggere i pannelli fotovoltaici.

Per il calcolo strutturale sono state considerate le strutture più lunghe alla massima altezza prevista nelle due configurazioni generanti le massime tensioni:

- **MODELLO A $\alpha = 0^\circ$**
- **MODELLO B $\alpha = 60^\circ$**

Configurazione per Soltec SF7 (o similare):



Vista Laterale con $\alpha = 0^\circ$ e 60°

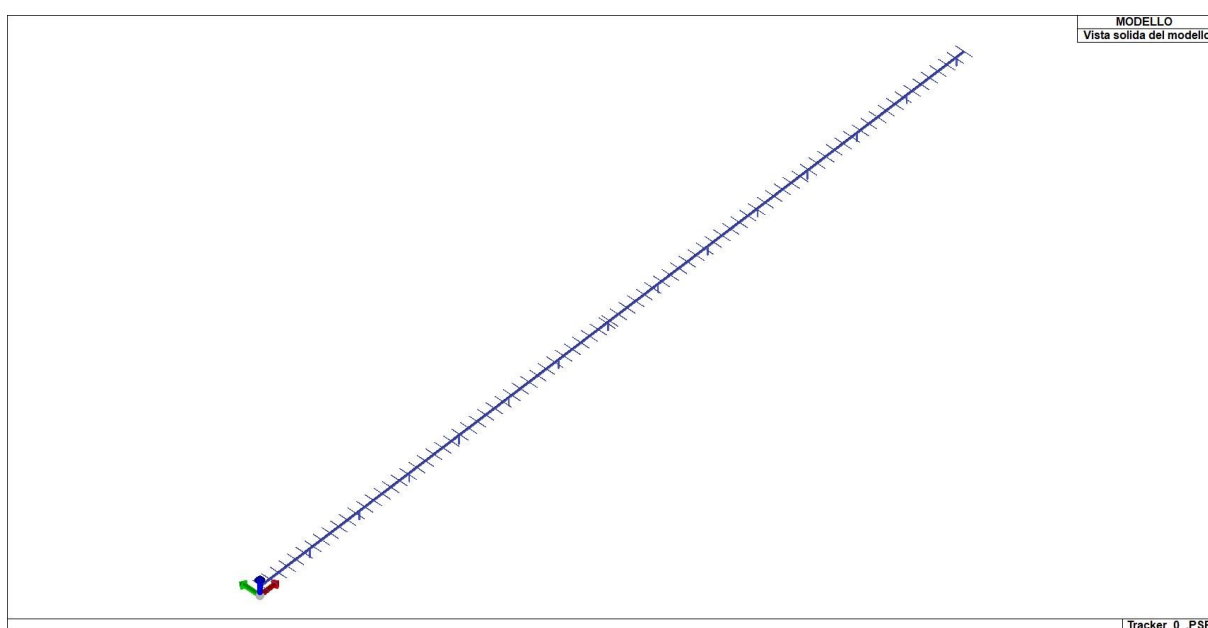
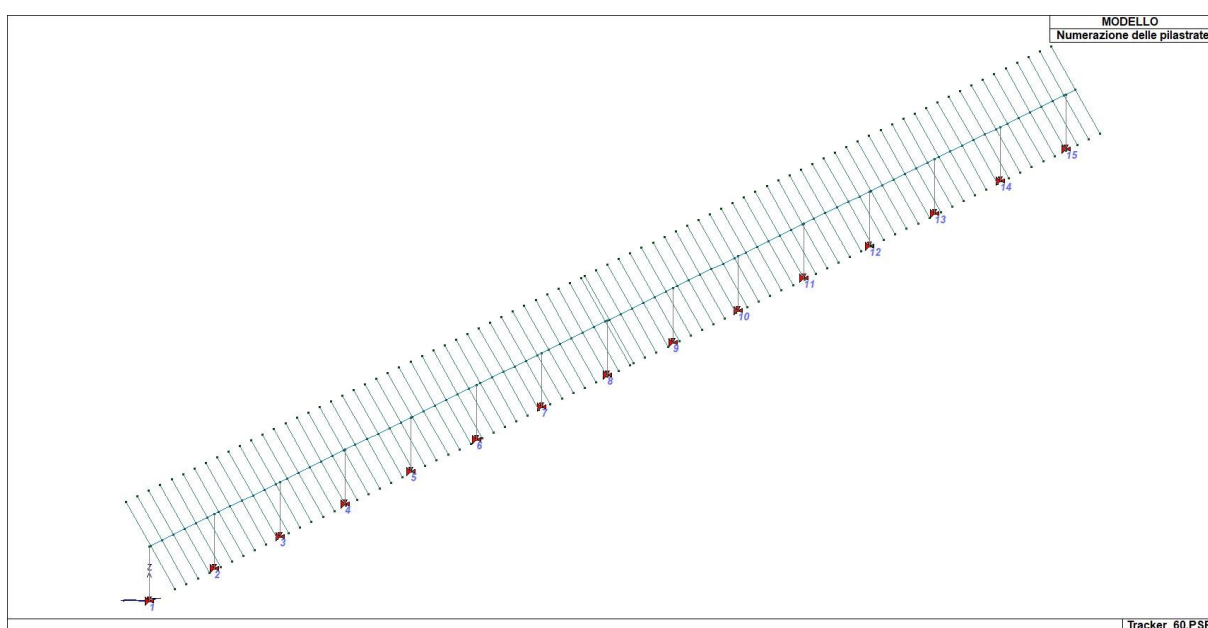
8.3 Analisi dei carichi

Si analizzano successivamente i carichi dei grigliati insistenti:

- Peso proprio pannello FV: $pp=20 \text{ kg/mq}$
- Pressione del vento: 67 kg/mq
- Pressione della neve: 80 kg/mq

Superficie pannello: $Sp=1,38 \times 2,30 \text{ m}$

- Carico lineare sul profilo UPN80: $20 \text{ Kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} = 26 \text{ Kg/m}$ quindi $q=26/2=13 \text{ Kg/m}$
 - Carico lineare sul profilo UPN80: $67 \text{ Kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} = 87,1 \text{ Kg/m}$ quindi $q=87,1/2=43,5 \text{ Kg/m}$
- Considero la componenete orizzontale della forza ortogonale al pannello: $Fo= 43,5 \times \sin 30^\circ = 21,7 \text{ Kg/m}$
- Carico lineare sul profilo UPN80: $80 \text{ Kg/m}^2 \times 1,3 \text{ m} = 104 \text{ Kg/m}$ quindi $q=104,1/2=52 \text{ Kg/m}$



Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SEZIONI

Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEB 140	43.00	0.0	0.0	20.10	550.00	1509.00	78.50	215.60	119.80	245.40
2	T.QU 200x200x10	72.57	0.0	0.0	7071.73	4251.06	4251.06	425.11	425.11	508.08	508.08
3	UNP 80 (1)	11.00	0.0	0.0	2.16	19.40	106.00	6.30	26.50	12.10	31.80

Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

8.4 Vento e neve

Per il calcolo di vento e neve si è fatto riferimento alle due configurazioni rispettivamente per $\alpha = 60^\circ$ e $\alpha = 0^\circ$ che massimizzano le azioni e assicurano livelli di sicurezza per entrambe le condizioni di esercizio dell'impianto.

Si riportano a seguire i calcoli effettuati per la determinazione delle azioni di neve e vento.

LOCALIZZAZIONE DELL'INTERVENTO

Ubicazione:

Località	FERRARA
Provincia	FERRARA
Regione	EMILIA-ROMAGNA
Latitudine	44,83600 N
Longitudine	11,61800 E
Altitudine s.l.m.	9,0 m

CALCOLO DELLE AZIONI DELLA NEVE E DEL VENTO

Normativa di riferimento:

D.M. 17 gennaio 2018 - NORME TECNICHE PER LE COSTRUZIONI

Cap. 3 - AZIONI SULLE COSTRUZIONI - Par. 3.3 e 3.4

Circolare n.7 - 21 gennaio 2019 C.S.LL.PP.

NEVE

Il carico della neve sulle coperture è calcolato in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale;

Esp.: zona topografica di esposizione al vento;

Ce: coefficiente di esposizione al vento;

TR: periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

as: altitudine del sito;

qsk: valore caratteristico del carico della neve al suolo (per $Tr = 50$ anni);

Zona	Esposizione	Ce	TR	as	qsk
II	Zona normale	1,00	50 anni	9 m	100,00

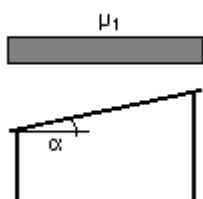
Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha = 0,0^\circ$

- Copertura piana $W = 2.4 \text{ m}$, $L = 105.0 \text{ m} \Rightarrow L_c = 4.7$, $C_{ef} = 1.000$

$m_1 = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 80 \text{ daN/mq}$

Schema di carico:



VENTO

La velocità del vento è calcolata in relazione ai seguenti parametri:

Zona: macro area derivante dalla suddivisione del territorio nazionale (NTC - Tab. 3.3.I);

$V_{b,0}$: velocità base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

a_0 : altitudine base della zona (NTC - Tab. 3.3.I);

k_s : parametro in funzione della zona in cui sorge la costruzione (NTC - Tab. 3.3.I);

a_s : altitudine del sito;

TR : periodo di ritorno di progetto espresso in anni;

V_b : velocità di riferimento calcolata come segue:

$$V_b = V_{b,0} \quad \text{per } a_s \leq a_0$$

$$V_b = V_{b,0} (1 + k_s ((a_s / a_0) - 1)) \quad \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m}$$

per $a_s > 1500 \text{ m}$ vanno ricavati da opportuna documentazione o da indagini comprovate

Tali valori non dovranno essere minori di quelli previsti per $a_s = 1500 \text{ m}$

C_r : coefficiente di ritorno in funzione del periodo di ritorno TR

V_r : velocità di riferimento riferita al periodo di ritorno TR

Zona	$V_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	TR	V_b	C_r	V_r
2	25 m/s	750 m	0,45	9 m	50 anni	25,00 m/s	1,000	25,00 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = r V_r^2 / 2 = 39 \text{ daN/mq}$

dove: r è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = $1,25 \text{ kg/mc}$)

Esposizione:

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0,20	0,10 m	5 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1,00	1,00	1,00	1,71	4,00 m

Pressione del vento

$$p = q_r C_e C_p C_d = 67 \text{ daN/mq}$$

TEMPERATURA DELL'ARIA ESTERNA

Le temperature esterne, T max (massima estiva) e T min (minima invernale), sono calcolate secondo le seguenti espressioni riferite alla zona climatica:

$$T_{\min} = -15 - 4 \text{ as} / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.1})$$

$$T_{\max} = 42 - 6 \text{ as} / 1000 \quad (\text{NTC 3.5.2})$$

dove as è l'altitudine di riferimento

8.5 Azione sismica

L'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale.

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente orizzontale del moto sismico, S_e , è definito dalle seguenti espressioni:

Dove per sottosuolo di categoria **A** i coefficienti S_S e C_C valgono 1; mentre per le categorie di sottosuolo **B**, **C**, **D**, **E** i coefficienti S_S e C_C vengono calcolati mediante le espressioni riportate nella seguente Tabella

Categoria sottosuolo	S_S	C_C
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T riportati nella seguente Tabella

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione della componente verticale del moto sismico, S_{ve} , è definito dalle espressioni:

$$0 \leq T < T_B \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

I valori di S_S , T_B , T_C e T_D , sono riportati nella seguente Tabella

Categoria di sottosuolo	S_S	T_B	T_C	T_D
A, B, C, D, E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

La struttura è localizzata in:

Localizzazione
Località FERRARA (FE)
Comune di FERRARA (FE)
Regione EMILIA-ROMAGNA
Longitudine 11.374, Latitudine 44.802 (Riferimento WGS84)

L'azione sismica viene definita in relazione a un periodo di riferimento V_r che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale per il coefficiente d'uso (vedi tabella Parametri della struttura). Fissato il periodo di riferimento V_r e la probabilità di superamento P_{ver} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_r e i relativi parametri di pericolosità sismica (vedi tabella successiva):

ag: accelerazione orizzontale massima del terreno;

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

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

Parametri della struttura						
Classe d'uso	Vita V_n	Coeff. Uso	Periodo V_r	Tipo di suolo	Categoria topografica	Quota relativa
	[anni]		[anni]			[%]
II	50.0	1.0	50.0	D	T1	-

La risposta sismica locale (RSL) è definita come da NTC 2018 Tab. 3.2.II e Tab. 3.2.III

Calcolo fattore di comportamento

Principali caratteristiche della struttura

Opera di nuova realizzazione	SI
Struttura regolare in pianta	SI
Struttura regolare in altezza	SI
Classe di duttilità	B media
Analisi per carichi non sismici	SI
Analisi sismica	Statica lineare
Verifica SLD di resistenza	NO

Fattori di comportamento utilizzati SLU

	Dissipativi	Verifiche fragili	Non Dissipativi
q SLU x	1.00	1.00	1.00
q SLU y	1.00	1.00	1.00
q SLU z	1.50	-	-

Fattori di comportamento utilizzati SLD

q SLD x	1.00
q SLD y	1.00
q SLD z	1.00
Eta SLO	1.00

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N
[con N = 1,2,3,4,5]

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
15620	11.308	44.765	6.774
15621	11.379	44.766	4.159
15399	11.377	44.816	1.433
15398	11.307	44.815	5.505

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine: Latitudine:

☐ Applica la Risposta Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	30.11	0.0401	2.550	0.253
SLD	63	50.29	0.0529	2.465	0.270
SLV	10	474.56	0.1525	2.590	0.270
SLC	5	974.79	0.2048	2.540	0.280

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
50	1	50	100

☐ Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Classe d'uso

☐ I edifici di minor importanza per la sicurezza pubblica [edifici agricoli...]

☒ II edifici ordinari

☐ III edifici importanti in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso (scuole, teatri...)

☐ IV edifici la cui funzionalità ha importanza fondamentale per la protezione civile (ospedali, municipi...)

Pericolosità e zonazione

agS per SLV:

Modalità di progettazione semplificata per agS < 0.075 ☐

Strutture esistenti

☒ LC1: conoscenza limitata

☐ LC2: conoscenza adeguata

☐ LC3: conoscenza accurata

Fattore di confidenza FC:

Categoria di suolo di fondazione <input type="radio"/> A Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi ... <input type="radio"/> B Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti ... <input type="radio"/> C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti ... <input checked="" type="radio"/> D Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti ... <input type="radio"/> E Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D ...	Categoria topografica <input checked="" type="radio"/> T1 <input type="radio"/> T2 in sommità al pendio <input type="radio"/> T3 in cresta al rilievo con moderata <input type="radio"/> T4 in cresta al rilievo <input type="text" value="100"/> quota relativa (%) Spettri di progetto <input type="checkbox"/> Usa spettri esterni <input type="button" value="Sfoglia..."/>
--	--

Parametri e fattori spettrali								Duttilità <input type="radio"/> ND - non dissipativa <input checked="" type="radio"/> B - media <input type="radio"/> A - alta Regolarità <input checked="" type="checkbox"/> in pianta <input checked="" type="checkbox"/> in altezza Edifici isolati <input type="text" value="2.0"/> T is <input type="text" value="10.0"/> s esi <input type="button" value="Info..."/>
S.L.	ag	S	Fo	Fv	TB	TC	TD	
SLO	<input type="text" value="0.040"/>	<input type="text" value="1.800"/>	<input type="text" value="2.550"/>	<input type="text" value="0.689"/>	<input type="text" value="0.210"/>	<input type="text" value="0.629"/>	<input type="text" value="1.760"/>	
SLD	<input type="text" value="0.053"/>	<input type="text" value="1.800"/>	<input type="text" value="2.465"/>	<input type="text" value="0.765"/>	<input type="text" value="0.217"/>	<input type="text" value="0.650"/>	<input type="text" value="1.812"/>	
SLV	<input type="text" value="0.152"/>	<input type="text" value="1.800"/>	<input type="text" value="2.590"/>	<input type="text" value="1.365"/>	<input type="text" value="0.217"/>	<input type="text" value="0.650"/>	<input type="text" value="2.210"/>	
SLC	<input type="text" value="0.205"/>	<input type="text" value="1.620"/>	<input type="text" value="2.540"/>	<input type="text" value="1.552"/>	<input type="text" value="0.220"/>	<input type="text" value="0.661"/>	<input type="text" value="2.419"/>	
Verticale per tutti:		<input type="text" value="1.000"/>			<input type="text" value="0.050"/>	<input type="text" value="0.150"/>	<input type="text" value="1.000"/>	
eta SLO	q SLD x	q SLD y	q SLD z	q SLU x	q SLU y	q SLU z	<input type="button" value="Aiuto..."/>	
<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.5"/>		
<input type="button" value="Smorzamento..."/>				<input type="text" value="1.0"/>	<input type="text" value="1.0"/>	<= Esistenti v. fragili		

Dati comuni per le analisi Quota spiccato [cm] <input type="text" value="0.0"/> Contributo carichi in fondazione <input type="checkbox"/> Eccentricità aggiuntiva X: <input type="text" value="5"/> Y: <input type="text" value="5"/> ex. muratura Spost. relativo rapp. SLC/SLD <input type="text" value="5"/> Dati per analisi dinamica N. modi <input type="text" value="9"/> N. modi rigidi <input type="text" value="0"/>	Dati per analisi statica lineare e non lineare Altezza edificio [cm] <input type="text" value="250.0"/> Fatt. Lambda [0.85 - 1] <input type="text" value="1.0"/> <input type="button" value="Calcola periodi T1"/> <table border="1"> <tr> <th></th> <th>dir. x-x</th> <th>dir. y-y</th> <th>dir. z-z</th> </tr> <tr> <td>Periodo T1 [primo modo]</td> <td><input type="text" value="0.147"/></td> <td><input type="text" value="0.133"/></td> <td><input type="text" value="0.153"/></td> </tr> <tr> <td>Sd (T1) - SLU</td> <td><input type="text" value="0.57"/></td> <td><input type="text" value="0.542"/></td> <td><input type="text" value="0.136"/></td> </tr> <tr> <td>Se (T1) - SLD</td> <td><input type="text" value="0.19"/></td> <td><input type="text" value="0.181"/></td> <td><input type="text" value="0.04"/></td> </tr> <tr> <td>Rapp T1/TrZ</td> <td><input type="text" value="1.052"/></td> <td><input type="text" value="1.018"/></td> <td></td> </tr> </table> suggerito: Accelerazione uniforme [Fi=Fh] <input type="checkbox"/> NO Eccentricità convenzionale con momenti Mz <input type="checkbox"/> NO Usa spostamenti medi di piano per pushover <input checked="" type="checkbox"/> SI		dir. x-x	dir. y-y	dir. z-z	Periodo T1 [primo modo]	<input type="text" value="0.147"/>	<input type="text" value="0.133"/>	<input type="text" value="0.153"/>	Sd (T1) - SLU	<input type="text" value="0.57"/>	<input type="text" value="0.542"/>	<input type="text" value="0.136"/>	Se (T1) - SLD	<input type="text" value="0.19"/>	<input type="text" value="0.181"/>	<input type="text" value="0.04"/>	Rapp T1/TrZ	<input type="text" value="1.052"/>	<input type="text" value="1.018"/>	
	dir. x-x	dir. y-y	dir. z-z																		
Periodo T1 [primo modo]	<input type="text" value="0.147"/>	<input type="text" value="0.133"/>	<input type="text" value="0.153"/>																		
Sd (T1) - SLU	<input type="text" value="0.57"/>	<input type="text" value="0.542"/>	<input type="text" value="0.136"/>																		
Se (T1) - SLD	<input type="text" value="0.19"/>	<input type="text" value="0.181"/>	<input type="text" value="0.04"/>																		
Rapp T1/TrZ	<input type="text" value="1.052"/>	<input type="text" value="1.018"/>																			

C.D.C. sismico Nodo cont. (**)

C.D.C.

Analisi modale di riferimento Sfogliare... Modo rifer. (**)

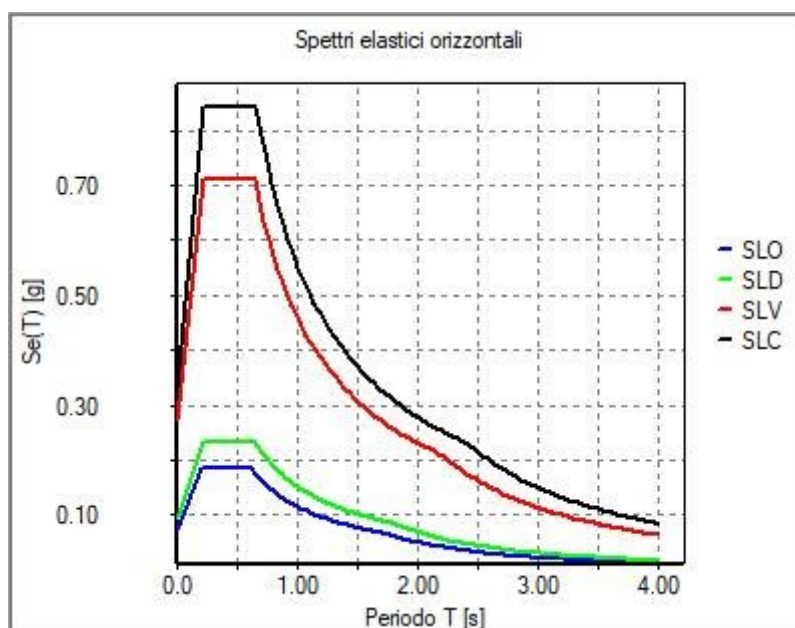
Sisma	LC 1	LC 10
LC U 2	1.00	1.00
LC U 3	1.00	1.00
LC U 4	1.00	1.00
LC U 5	1.00	1.00
LC D 6	1.00	1.00
LC D 7	1.00	1.00
LC D 8	1.00	1.00

NOTA: (*) coefficienti per carichi variabili Q
cdc Qk : utilizzare psi 2
cdc Qsk/Qnk : utilizzare di regola 1 (psi 2 da archivio carico)

(**) 0 per default in pushover

Definizione masse automatica

Si riportano di seguito gli SPETTRI di input sismico e le caratteristiche dinamiche proprie della struttura, pertanto in assenza di eccentricità aggiuntive:



8.6 Caratteristiche dei materiali considerati

Si riportano di seguito le caratteristiche di sezioni e spessori degli elementi strutturali, in formato tabellare e immagini:

TABELLA_SEZIONI

Id	Tipo SEZ	Area	A V2	A V3	Jt	J 2-2	J 3-3	W 2-2	W 3-3	Wp 2-2	Wp 3-3
-	-	cm2	cm2	cm2	cm4	cm4	cm4	cm3	cm3	cm3	cm3
1	HEB 140	43.00	0.0	0.0	20.10	550.00	1509.00	78.50	215.60	119.80	245.40
2	T.QU 200x200x10	72.57	0.0	0.0	7071.73	4251.06	4251.06	425.11	425.11	508.08	508.08
3	UNP 80 (1)	11.00	0.0	0.0	2.16	19.40	106.00	6.30	26.50	12.10	31.80

Legenda

Tipo SEZ	Indica il nome identificativo e la tipologia di sezione
Area	Area della sezione
A V2	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 2)
A V3	Area della sezione/Fattore di taglio (direzione 3)
Jt	Momento di inerzia torsionale della sezione
J 2-2	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 2
J 3-3	Momento di inerzia della sezione riferito all'Asse 3
W 2-2	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 2
W 3-3	Modulo di resistenza della sezione riferito all'Asse 3
Wp 2-2	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 2
Wp 3-3	Modulo di resistenza plastico della sezione riferito all'Asse 3

8.7 ELENCO DEI MATERIALI IMPIEGATI

[11]- MATERIALE PER ELEVAZIONE -			
Acciaio Fe360 - S235-acciaio Fe360-S235			
Id	-	-	u.m.
11	< MATERIALE NUOVO >		
	Tensione ft	3.600e+07	daN/ m2
	Tensione fy	2.350e+07	daN/ m2
	Coefficiente gammaM0 (resistenza)	1.1	
	Coefficiente gammaM1 (stabilità)	1.1	
	Coefficiente gammaM2 (frattura)	1.2	

BULLONERIA

I bulloni, conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001.

Limite di Snervamento $f_{yb} \geq 649 \text{ N/mm}^2$

Limite di rottura $f_{tb} \geq 800 \text{ N/mm}^2$

SALDATURE

Eventuali saldature dell'acciaio dovranno avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la norma UNI EN ISO 4063:2001. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

8.8 Schematizzazione dei casi di carico

E' possibile definire i casi di carico scegliendo fra le dodici tipologie elencate nella tabella seguente:

	Tipo CDC	Descrizione
1	Ggk	caso di carico comprensivo del peso proprio struttura
2	Gk	caso di carico con azioni permanenti
3	Qk	caso di carico con azioni variabili
4	Gsk	caso di carico comprensivo dei carichi permanenti sui solai e sulle coperture
5	Qsk	caso di carico comprensivo dei carichi variabili sui solai
6	Qnk	caso di carico comprensivo dei carichi di neve sulle coperture
7	Qtk	caso di carico comprensivo di una variazione termica agente sulla struttura
8	Qvk	caso di carico comprensivo di azioni da vento sulla struttura
9	Esk	caso di carico sismico con analisi statica equivalente
10	Edk	caso di carico sismico con analisi dinamica
11	Etk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti dall' incremento di spinta delle terre in condizione sismica
12	Pk	caso di carico comprensivo di azioni derivanti da coazioni, cedimenti e precompressioni

I casi di carico utilizzati nella modellazione oggetto della presente relazione sono i seguenti:

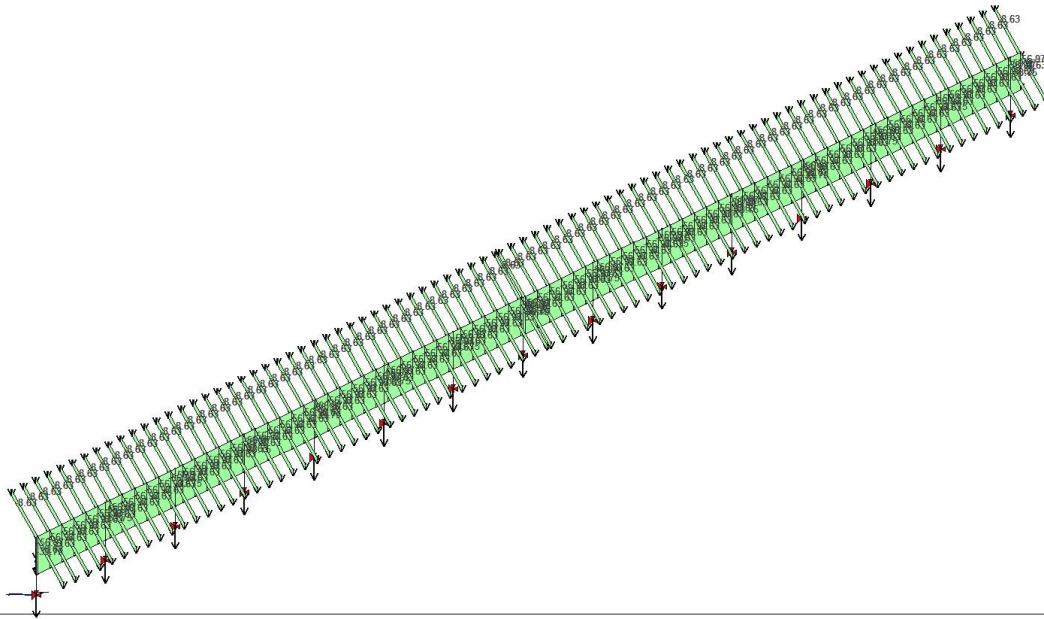
TABELLA_CASI_DI_CARICO

CDC	Tipo CDC	Sigla Id	Note
1	Ggk	CDC=Ggk (peso proprio della struttura)	
2	Gk	CDC=G1k (permanente generico)	
3	Qvk	CDC=Qvk (carico da vento -)	
4	Qk	CDC=Qk (neve)	
5	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. 0)	
6	Esk	CDC=Es (statico SLU) alfa=90.00 (ecc. 0)	
7	Edk	CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. 0)	

Legenda

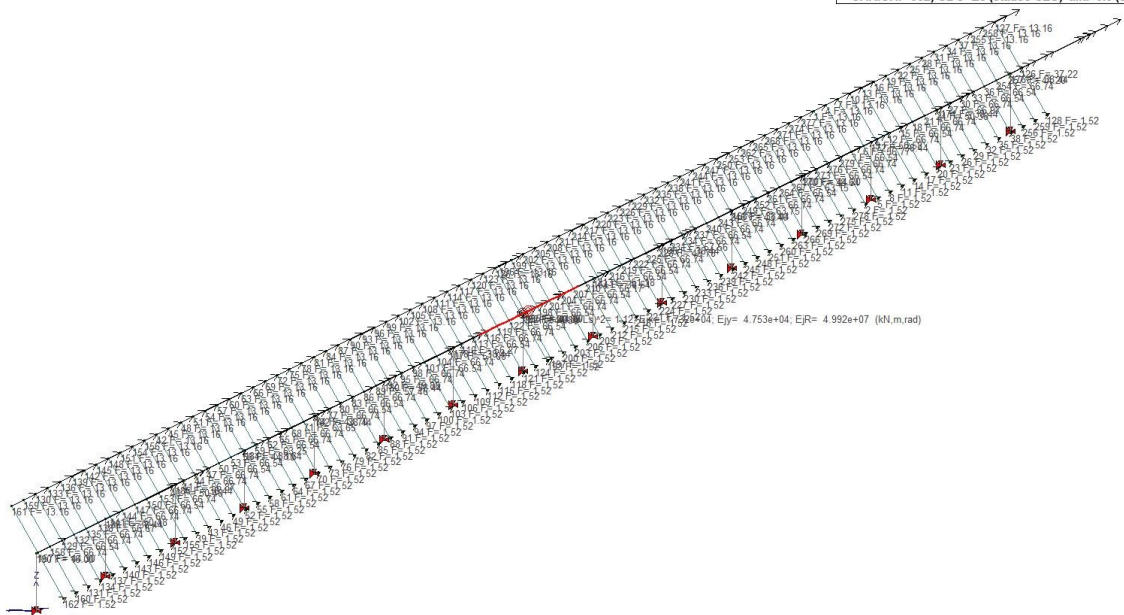
Tipo CDC Indica il tipo di caso di carico

CARICHI 001) CDC=Ggk (peso proprio della struttura)

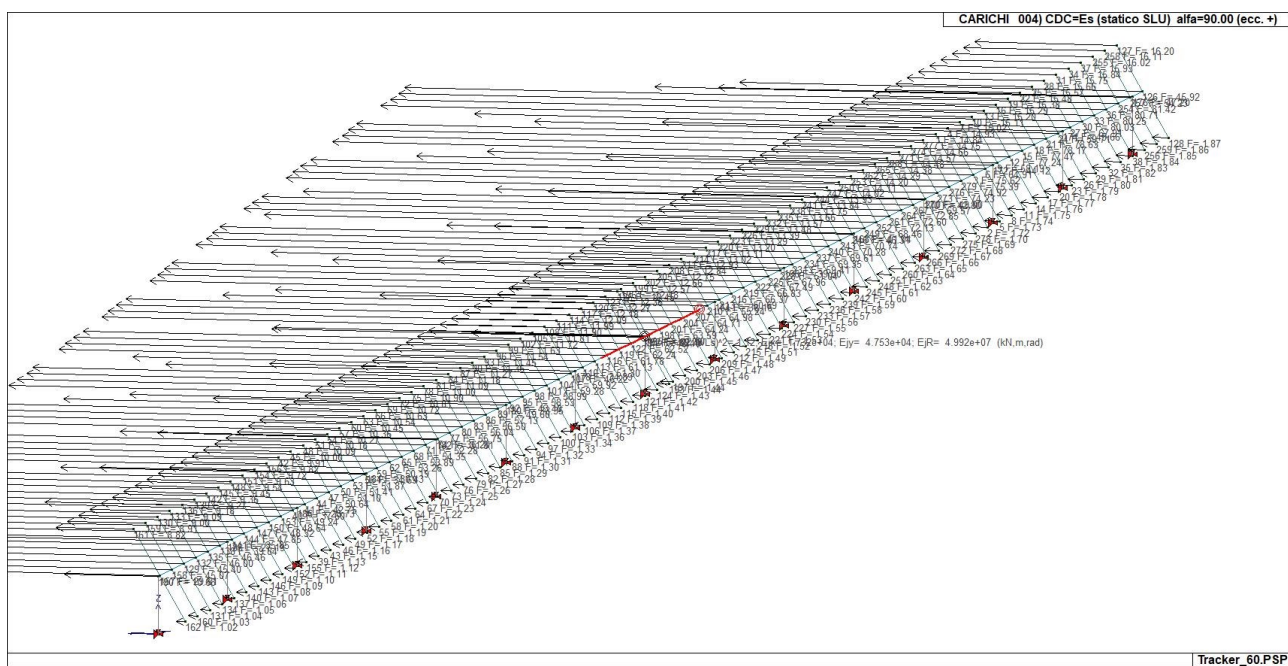
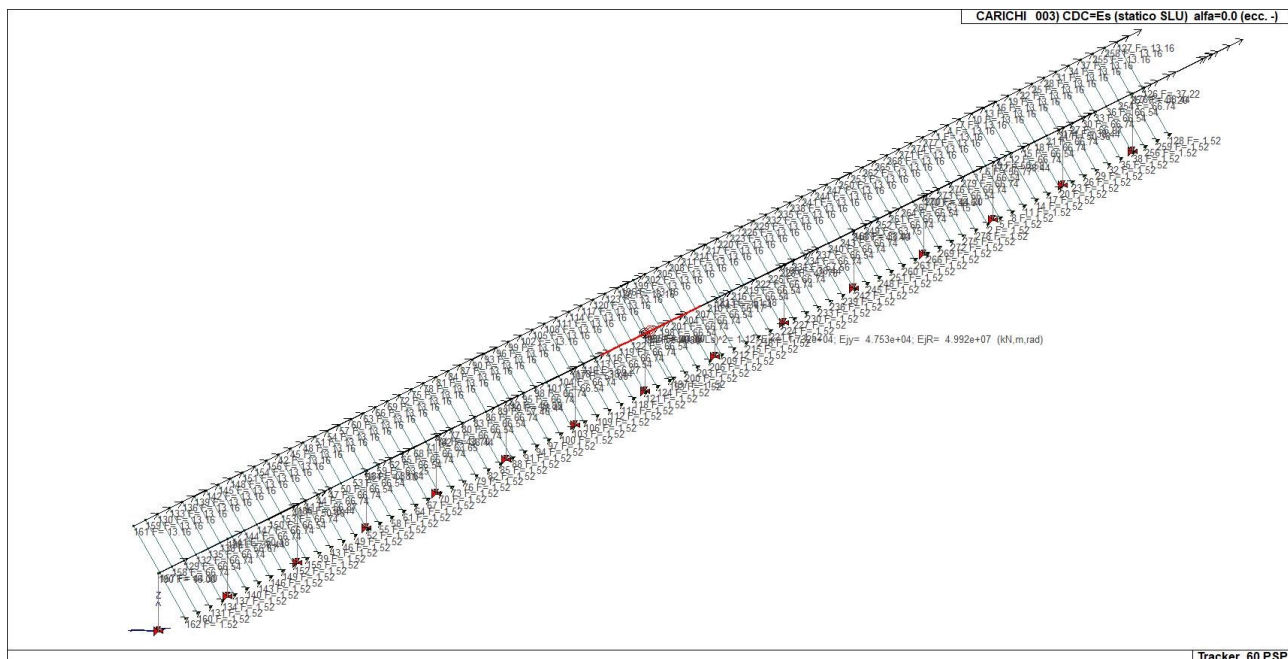


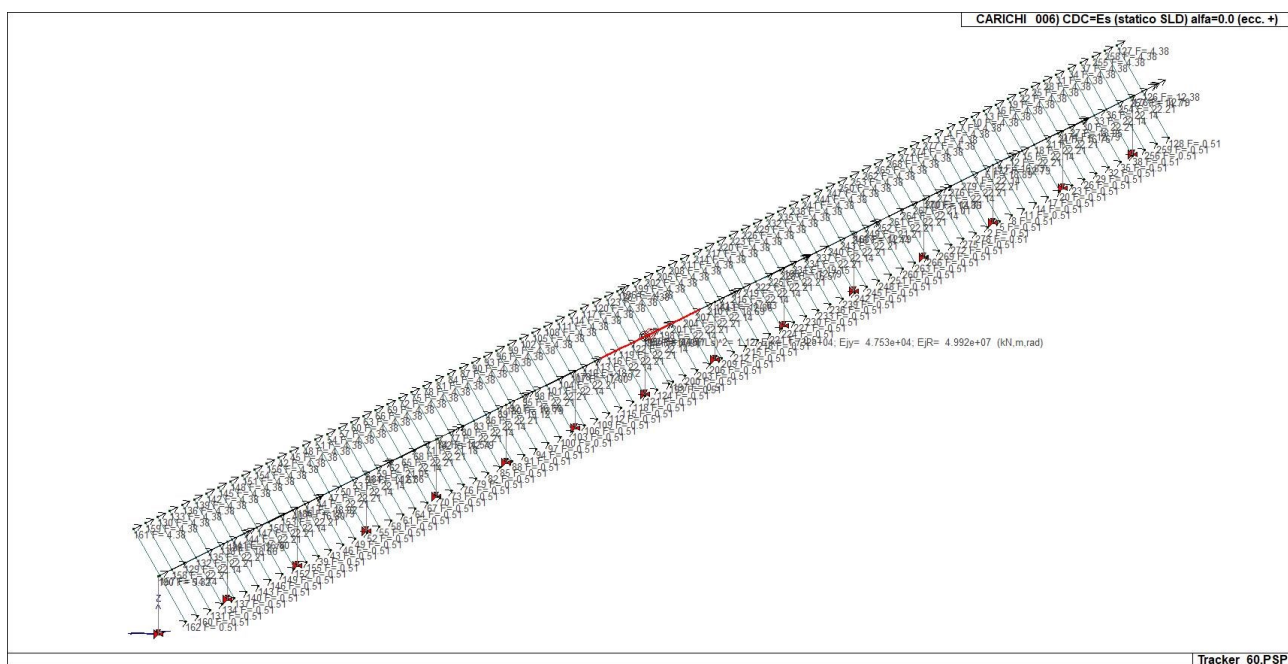
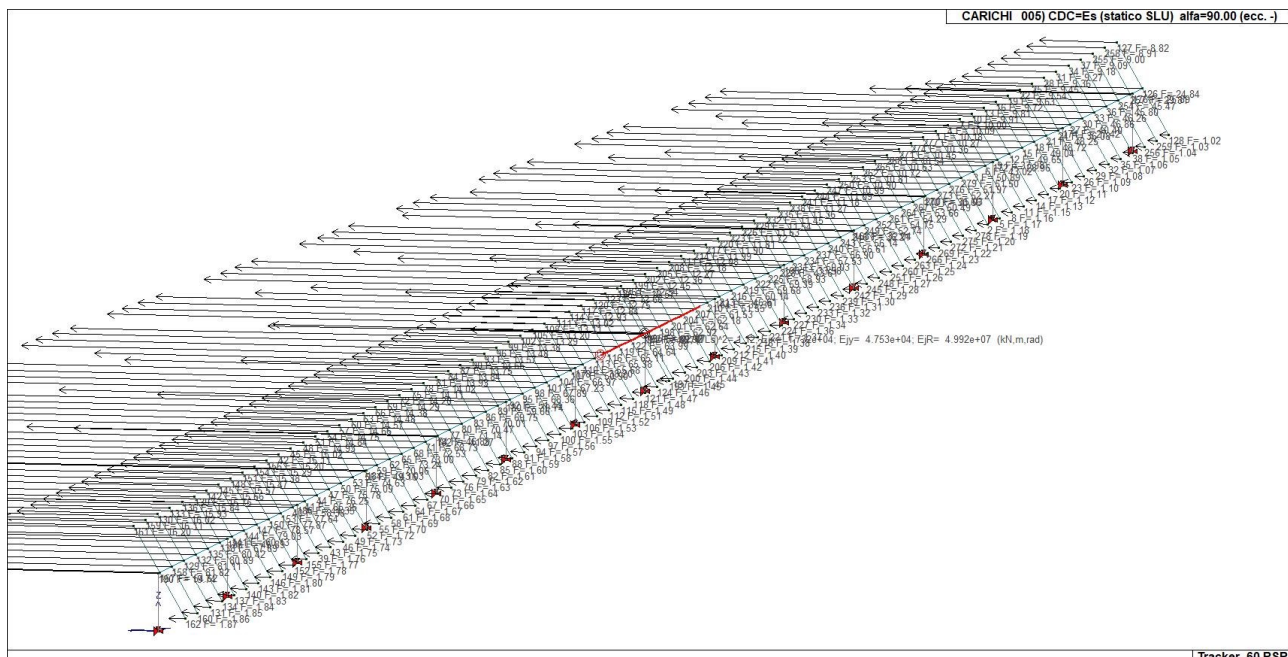
Tracker_60.PSP

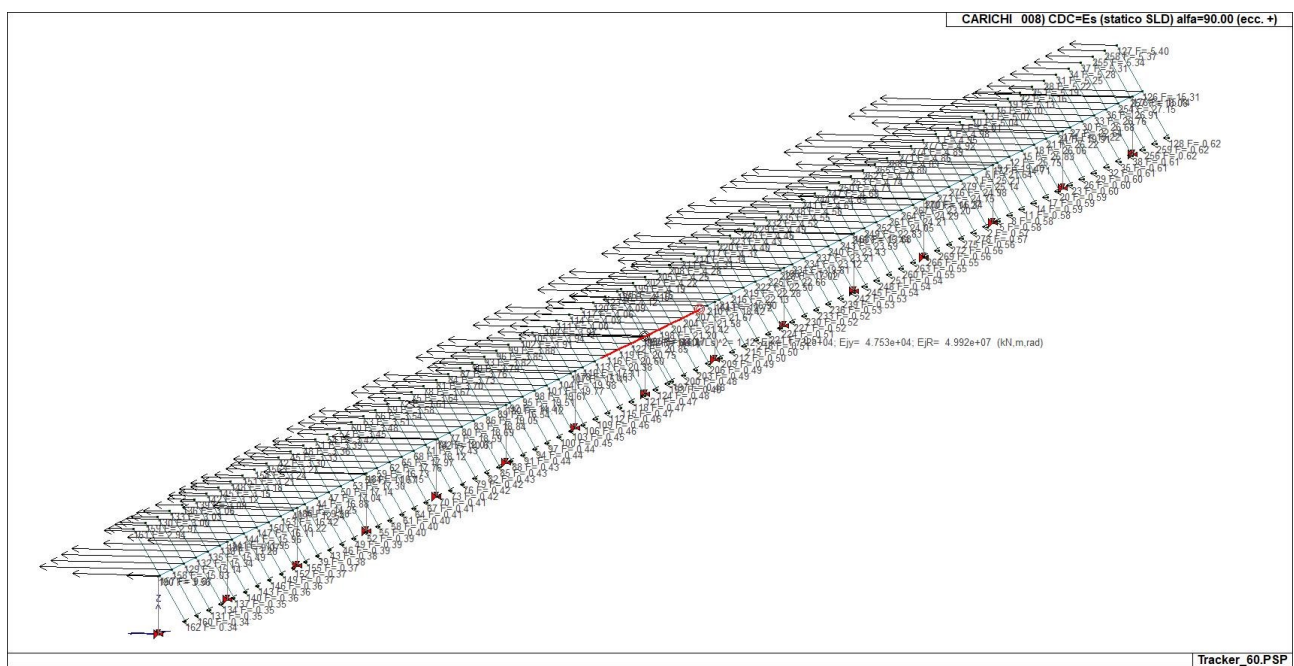
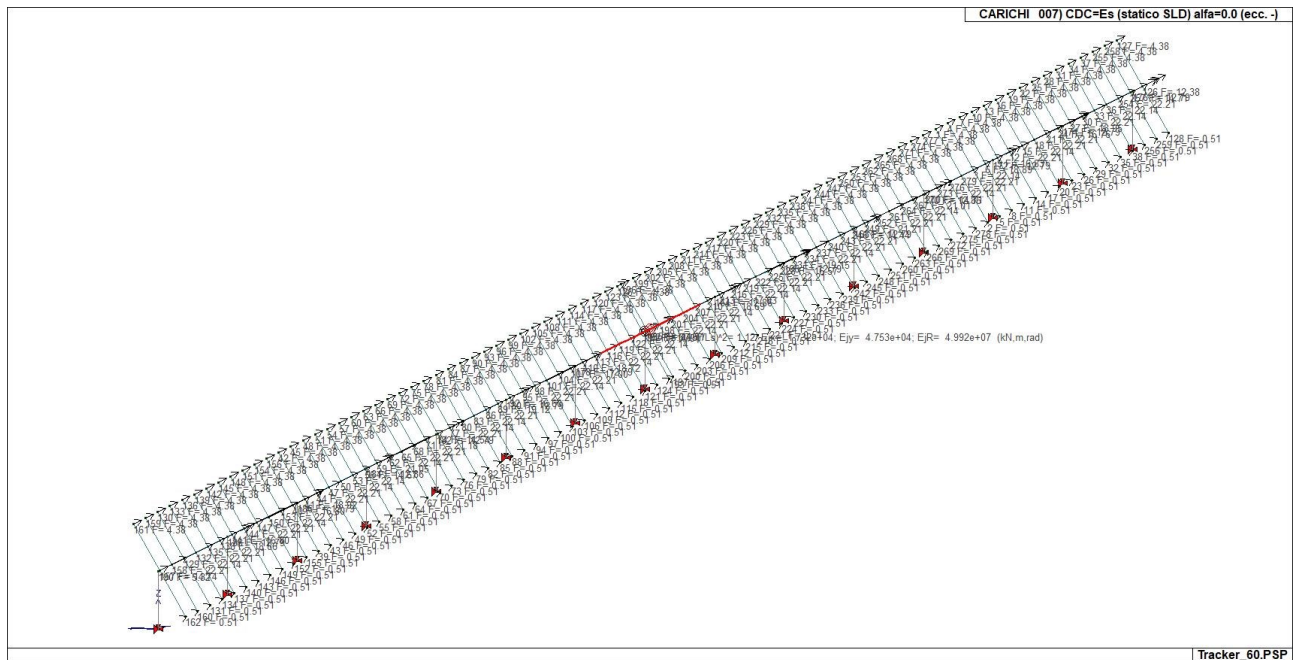
CARICHI 002) CDC=Es (statico SLU) alfa=0.0 (ecc. +)

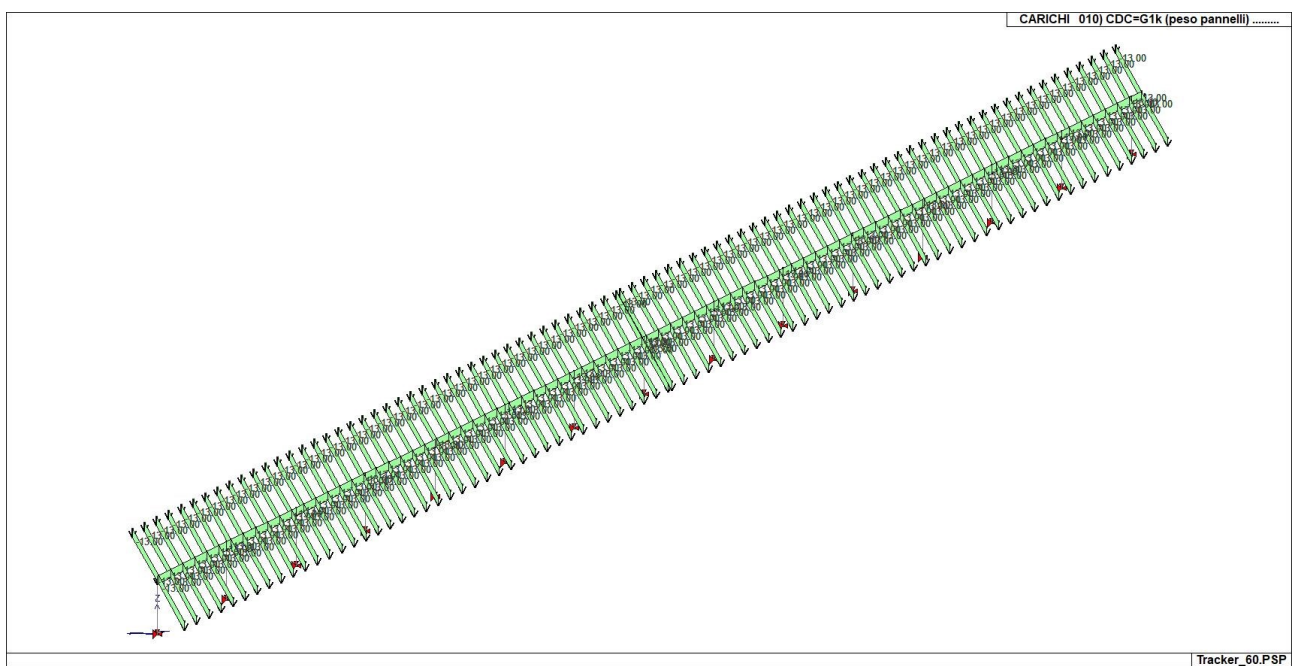
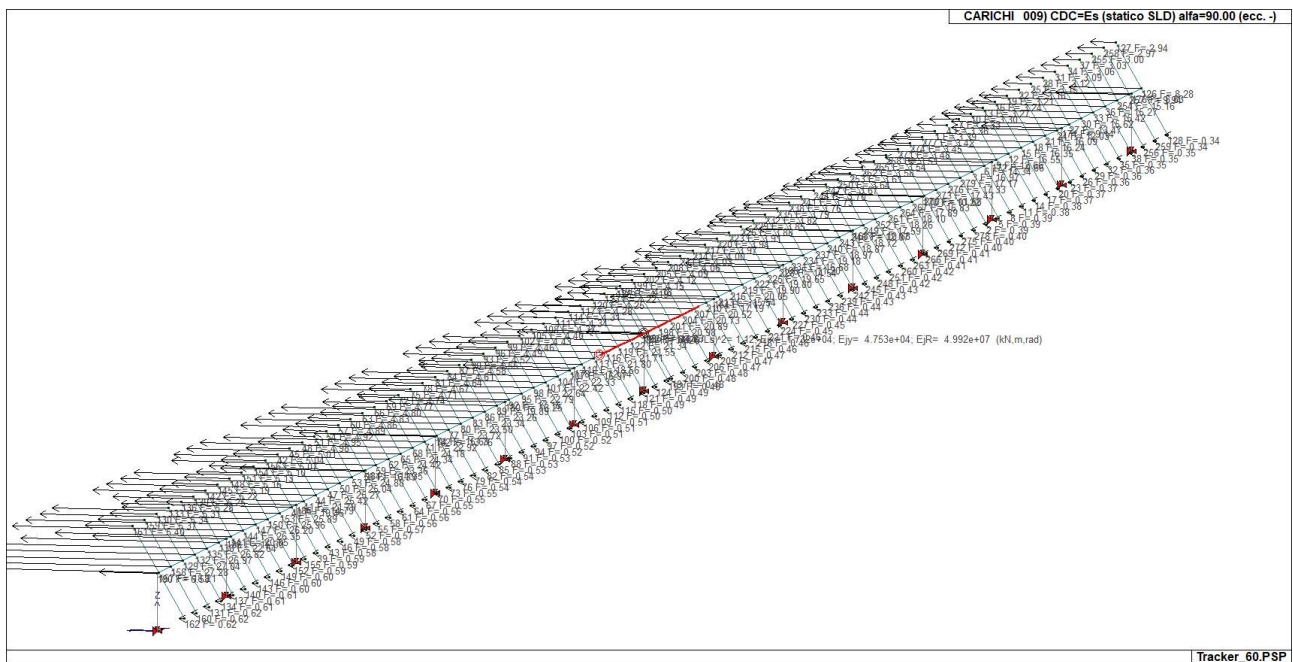


Tracker_60.PSP

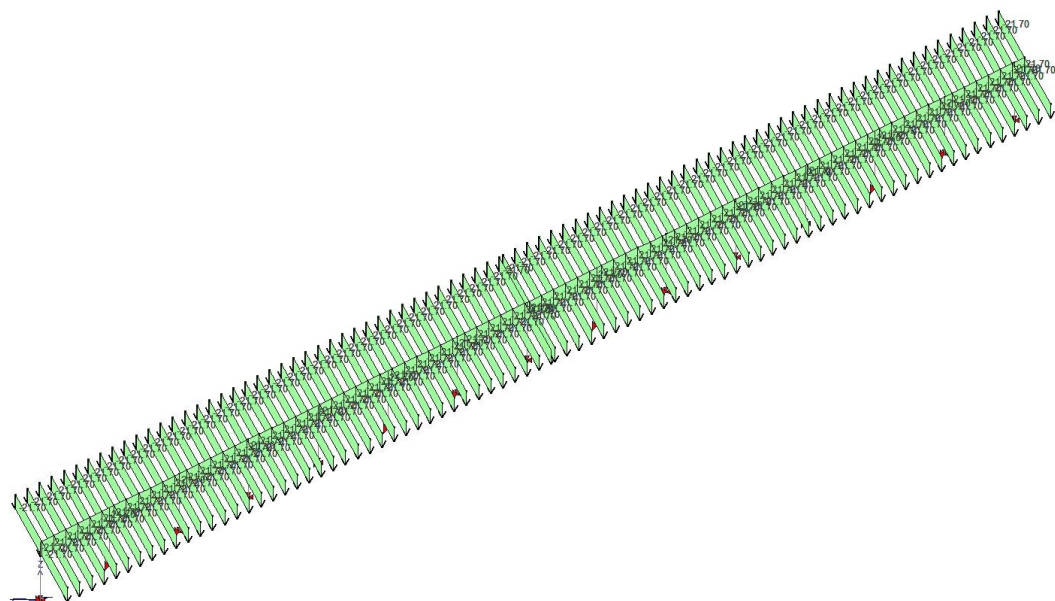






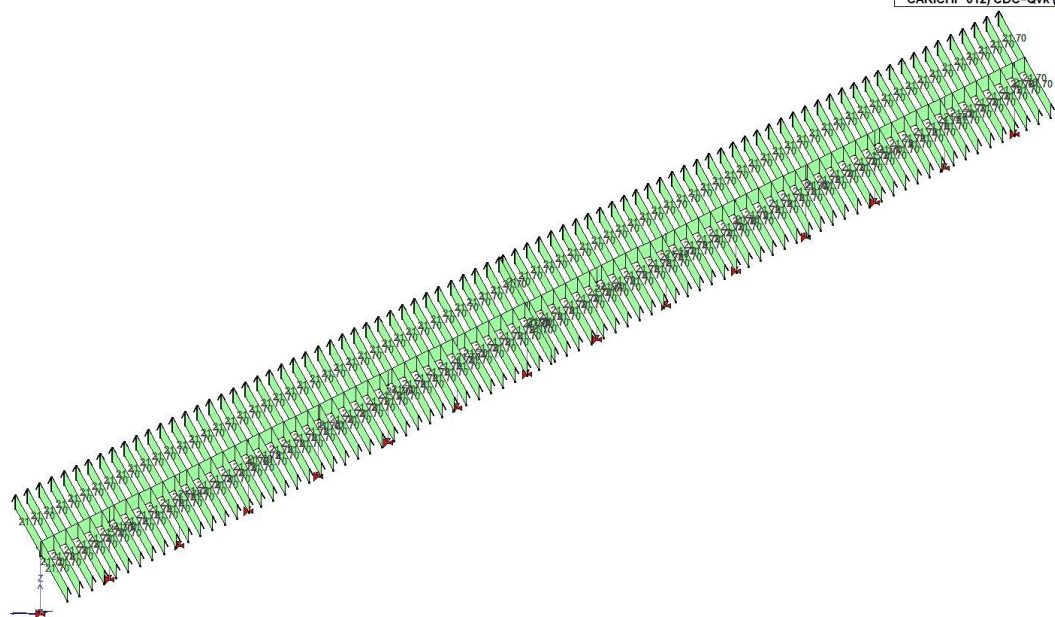


CARICHI 011) CDC=Qvk (carico da vento) (+)



Tracker_60.PSP

CARICHI 012) CDC=Qvk (carico da vento) (-)



Tracker_60.PSP

8.9 Definizione delle combinazioni

Le combinazioni previste per i diversi casi di carico (CDC) seguono le regole previste dalla Normativa vigente e sono destinate al controllo di sicurezza della struttura e alla verifica degli spostamenti e delle sollecitazioni.

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

Combinazione fondamentale SLU

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3} + \dots$$

Combinazione caratteristica (rara) SLE

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + Q_{k2} + Q_{k3} + \dots$$

Combinazione frequente SLE

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{33} Q_{k3} + \dots$$

Combinazione quasi permanente SLE

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

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

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

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

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

Dove:

NTC 2018 Tabella 2.5.I

Destinazione d'uso/azione	y0	y1	y2
Categoria A residenziali	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 biblioteche, archivi, magazzini,...	1,00	0,90	0,80
Categoria F Rimesse e parcheggi (autoveicoli $\leq 30\text{kN}$)	0,70	0,70	0,60
Categoria G Rimesse e parcheggi (autoveicoli $> 30\text{kN}$)	0,70	0,50	0,30
Categoria H Coperture	0,00	0,00	0,00
Vento	0,60	0,20	0,00
Neve a quota $\leq 1000\text{ m}$	0,50	0,20	0,00
Neve a quota $> 1000\text{ m}$	0,70	0,50	0,20
Variazioni Termiche	0,60	0,50	0,00

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).

NTC 2018 Tabella 2.6.I

		Coefficiente g _F	EQU	A1	A2
Carichi permanenti	Favorevoli	g _{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali (Non compiutamente definiti)	Favorevoli	g _{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	Favorevoli	g _{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

8.10 Tipo di analisi effettuate

Tipo di analisi strutturale	
Analisi per carichi non sismici	SI
Sismica statica lineare	SI
Sismica dinamica lineare	NO
Sismica statica non lineare (triangolare; G1 – a §7.3.3.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. modo; G1 – b §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. tagli di piano; G1 – c §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (prop. masse; G2 – a §7.3.4.2)	NO
Sismica statica non lineare (multimod; G2 – c §7.3.4.2)	NO
Non linearità geometriche (fattore P delta)	NO

seingim	RELAZIONE DI CALCOLO PRELIMINARE DELLE STRUTTURE Terre del Reno Impianto Fotovoltaico	
----------------	--	---

8.11 Combinazioni e/o percorsi di carico

Combinazioni dei casi di carico	
APPROCCIO PROGETTUALE	Approccio 2
SLU	SI
SLV (SLU con sisma)	SI
SLC	NO
SLD	SI
SLO	NO
SLU GEO A2 (per approccio 1)	NO
SLU EQU	NO
Combinazione caratteristica (rara)	SI
Combinazione frequente	SI
Combinazione quasi permanente (SLE)	SI
SLA (accidentale quale incendio)	NO

TABELLA_COMBINAZIONI				
Tipo CMB	Da	Da	A	A
-	Id	Nome	Id	Nome
SLU	1	Comb. SLU A1 1	10	Comb. SLU A1 10
SLV	11	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 11	42	Comb. SLU A1 (SLV sism.) 42
SLD	43	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 43	74	Comb. SLE (SLD Danno sism.) 74
SLE rara	75	Comb. SLE(rara) 75	79	Comb. SLE(rara) 79
SLE frequente	80	Comb. SLE(freq.) 80	82	Comb. SLE(freq.) 82
SLE quasi permanente	83	Comb. SLE(perm.) 83		

Legenda

Tipo CMB Indica la categoria di combinazione

Si riportano di seguito, per completezza, le videate delle opzioni così come impostate nel programma:

Caso di carico:

CDC	Psi 0	Psi 1	Psi 2	Psi 2 sis	Segni
[11] CDC=Qv...	0.60	0.20	0	0	positivo
[12] CDC=Qv...	0.60	0.20	0	0	positivo

Caso di carico:

CDC	[11] CDC=Qvk (carico d...	[12] CDC=Qvk (carico d...
[11] CDC=Qvk (carico da ...		Esclusivo
[12] CDC=Qvk (carico da ...		

Caso di carico:

CDC	Durata	Valore rif.
[1] CDC=Ggk (peso propri...	Permanente	1
[2] CDC=Es (statico SLU) ...	Istantaneo	1
[3] CDC=Es (statico SLU) ...	Istantaneo	1
[4] CDC=Es (statico SLU) ...	Istantaneo	1
[5] CDC=Es (statico SLU) ...	Istantaneo	1
[6] CDC=Es (statico SLD) ...	Istantaneo	1
[7] CDC=Es (statico SLD) ...	Istantaneo	1
[8] CDC=Es (statico SLD) ...	Istantaneo	1
[9] CDC=Es (statico SLD) ...	Istantaneo	1
[10] CDC=G1k (peso pan...	Permanente	1
[11] CDC=Qvk (carico da ...	Breve durata	1
[12] CDC=Qvk (carico da ...	Breve durata	1

SLU non sismici

	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1 [STR]	1.3	1	1.5	0.8	1	1	1.5
Fattori di comb. A2 [GEO]	1	1	1.3	0.8	1	1	1.3
<input type="checkbox"/> SLU EQU	1.1	0.9	1.5	0.8	1	1	1.5

SL per azioni sismiche

g E	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di comb. A1	1	1	1	1	1	1	1
Fattori di comb. A2	1	1	1	1	1	1	1
<input type="checkbox"/> Non applicare automatismo per il punto NTC 7.2.5 (amplificazione azioni elementi soprastanti le fondazioni)							

SLU per azioni eccezionali

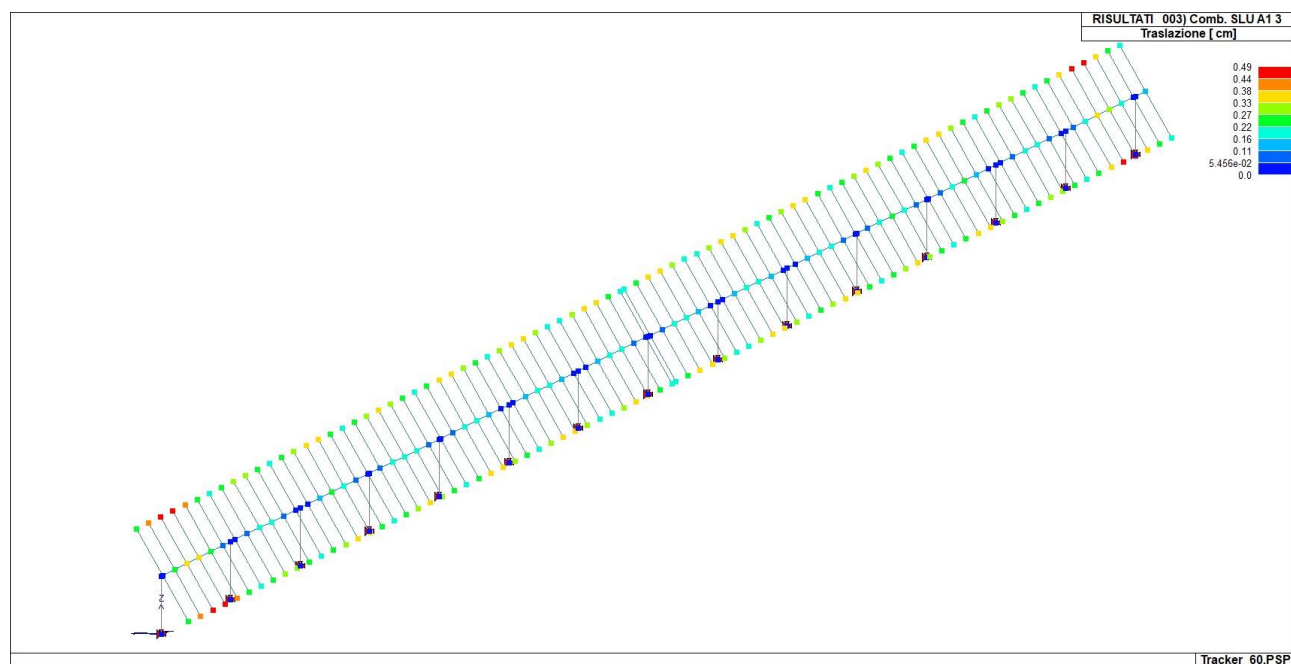
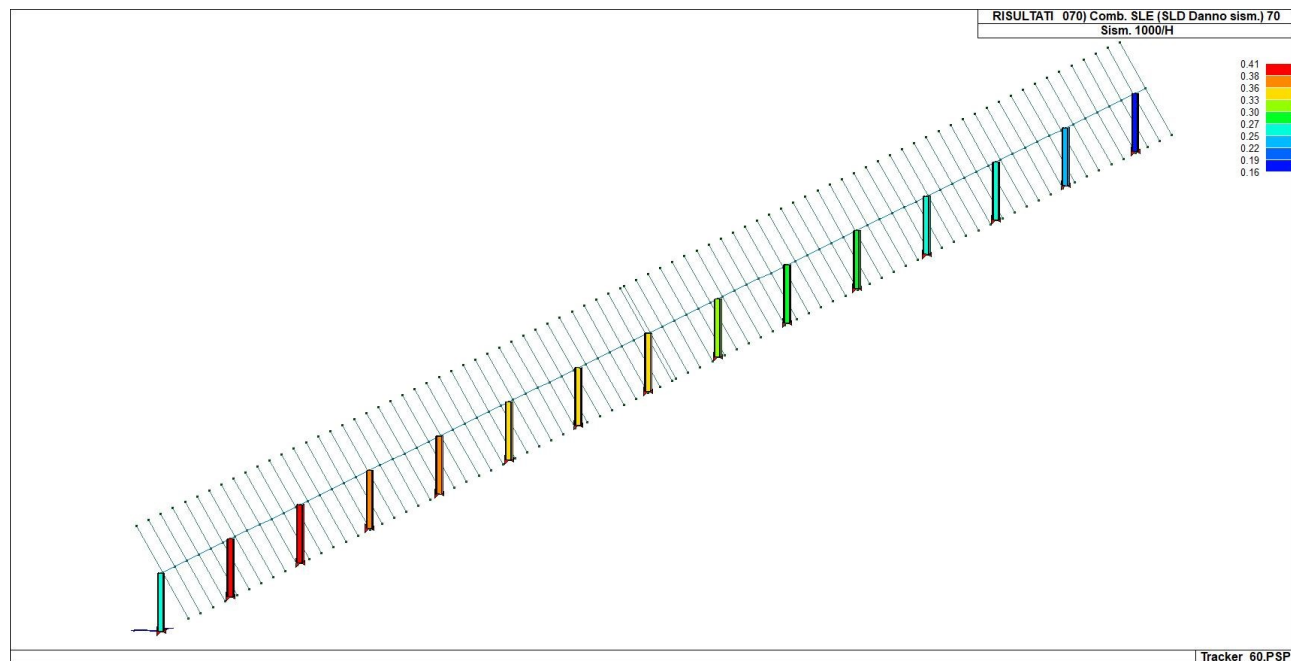
	g G1 max	g G1 min	g G2 max	g G2 min	g P max	g P min	g Q
Fattori di combinazione	1	1	1	1	1	1	1

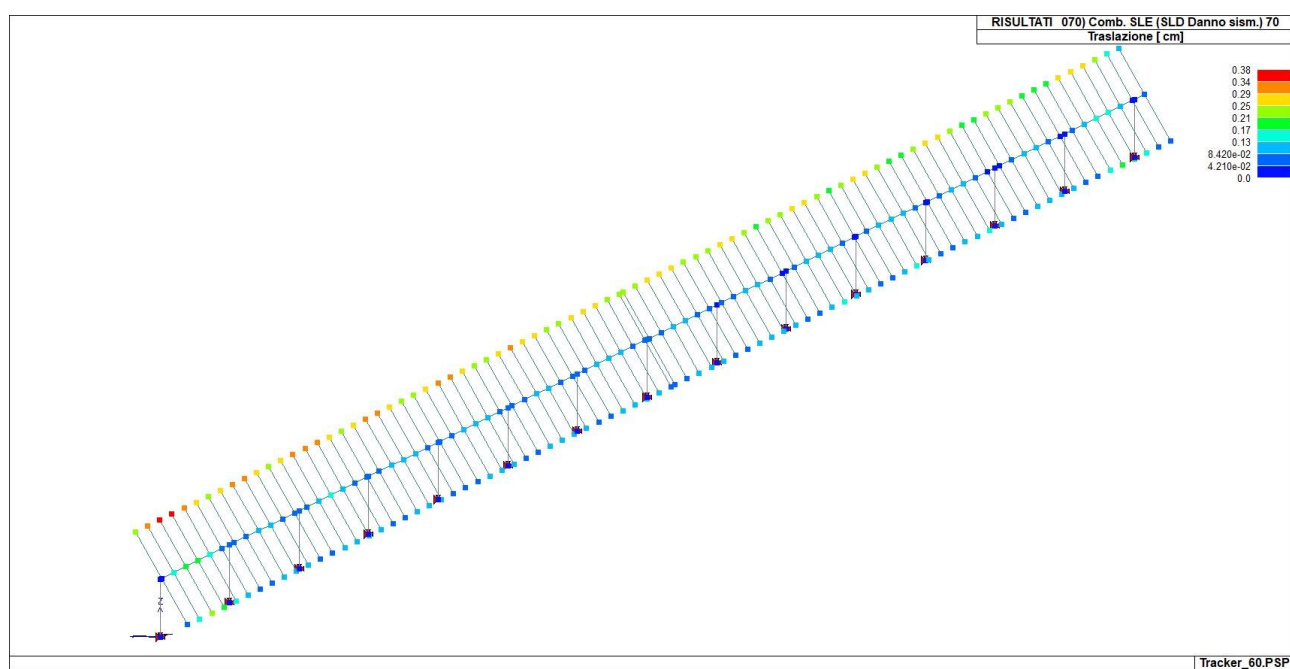
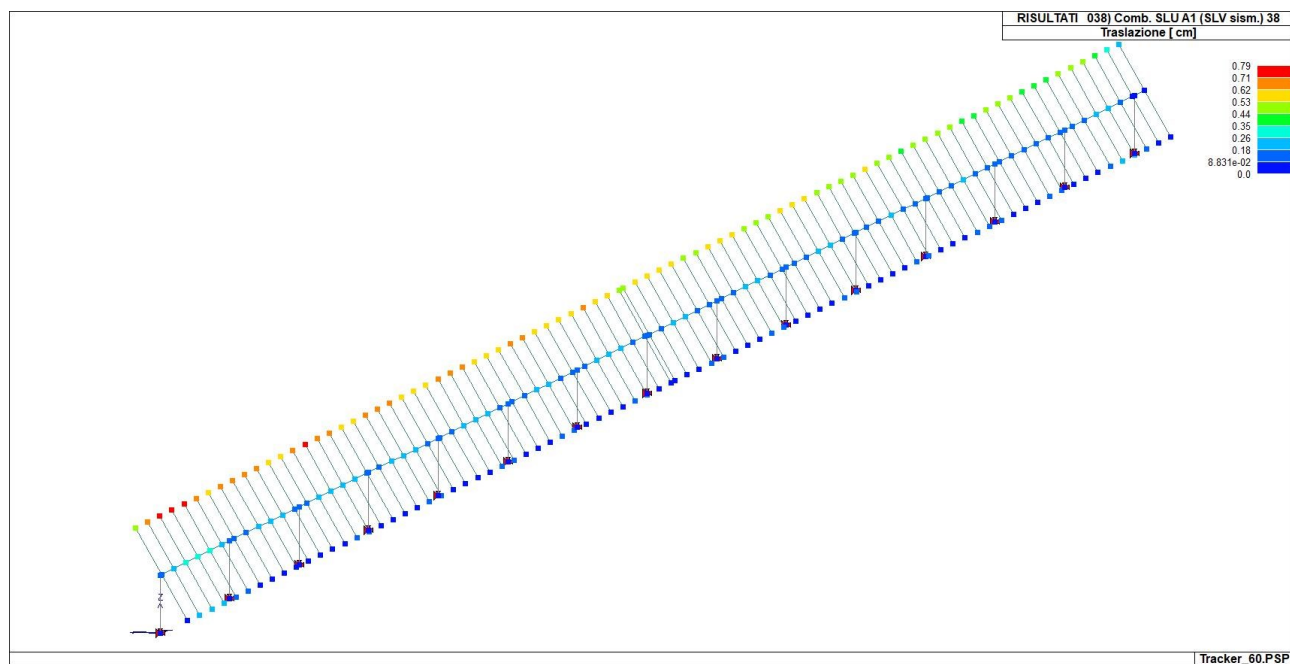
Nota importante: i valori max e min in tabella (riferiti ai cdc permanenti e precompressione) applicati con permutazione possono portare ad un numero di combinazioni particolarmente elevato.

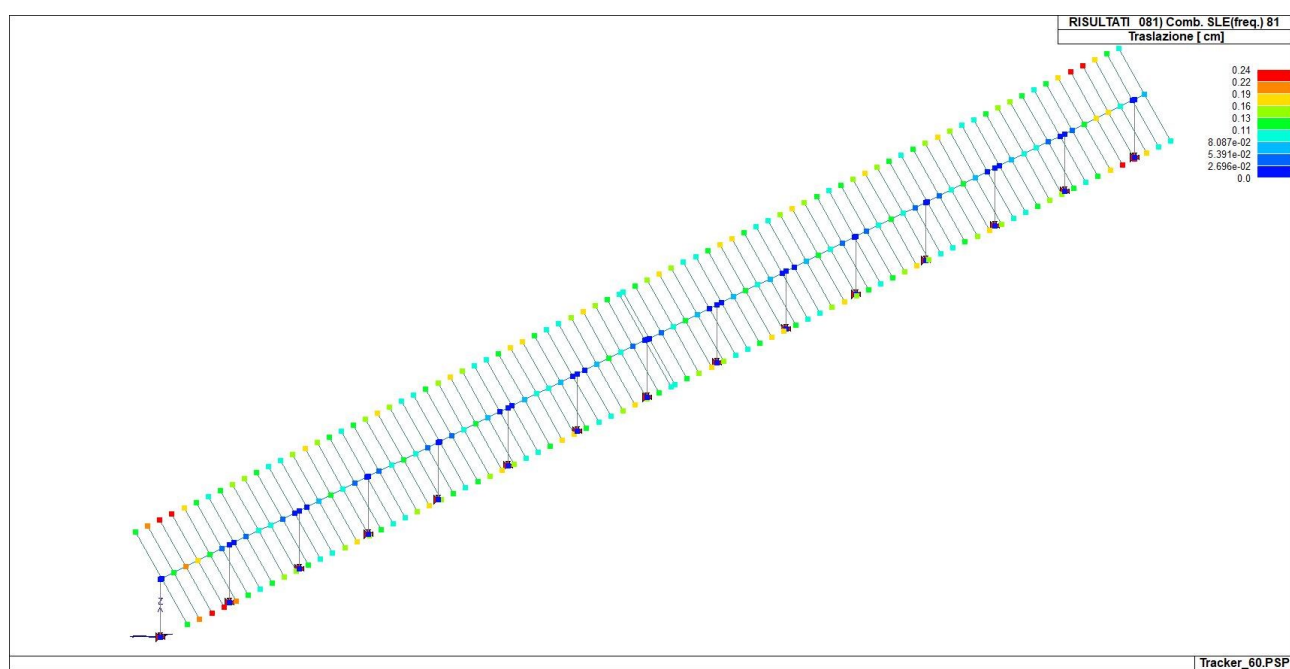
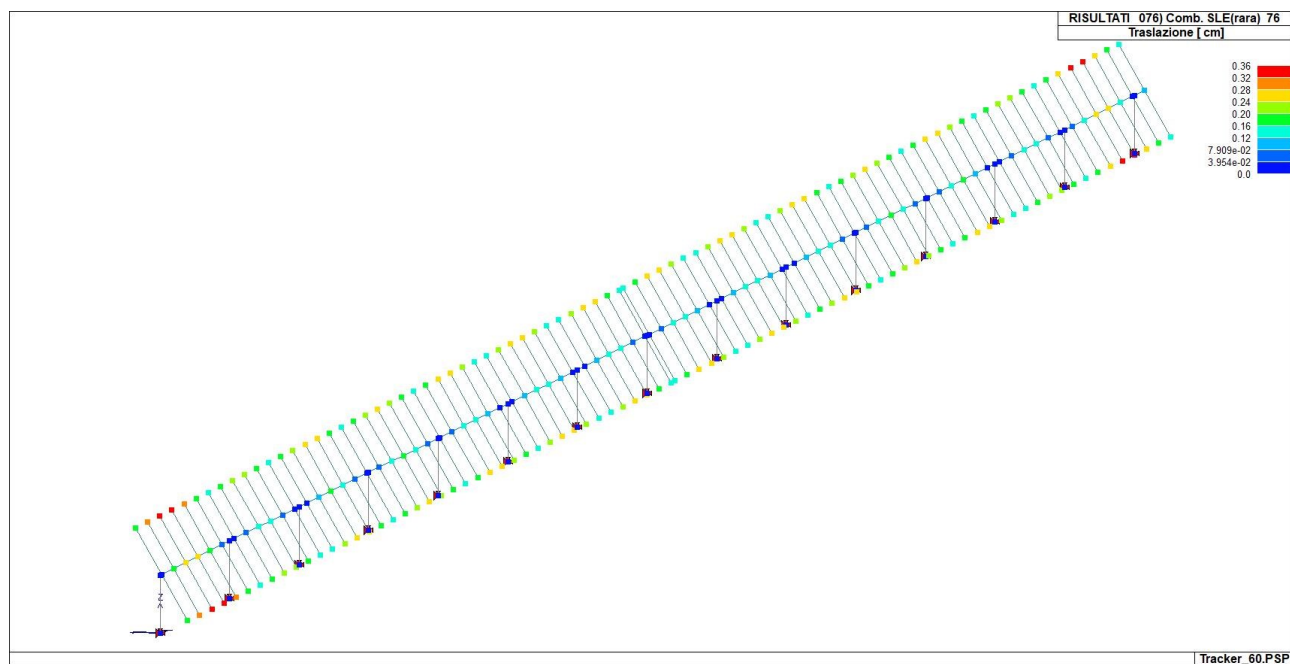
☐ Permuta valori g min e g max

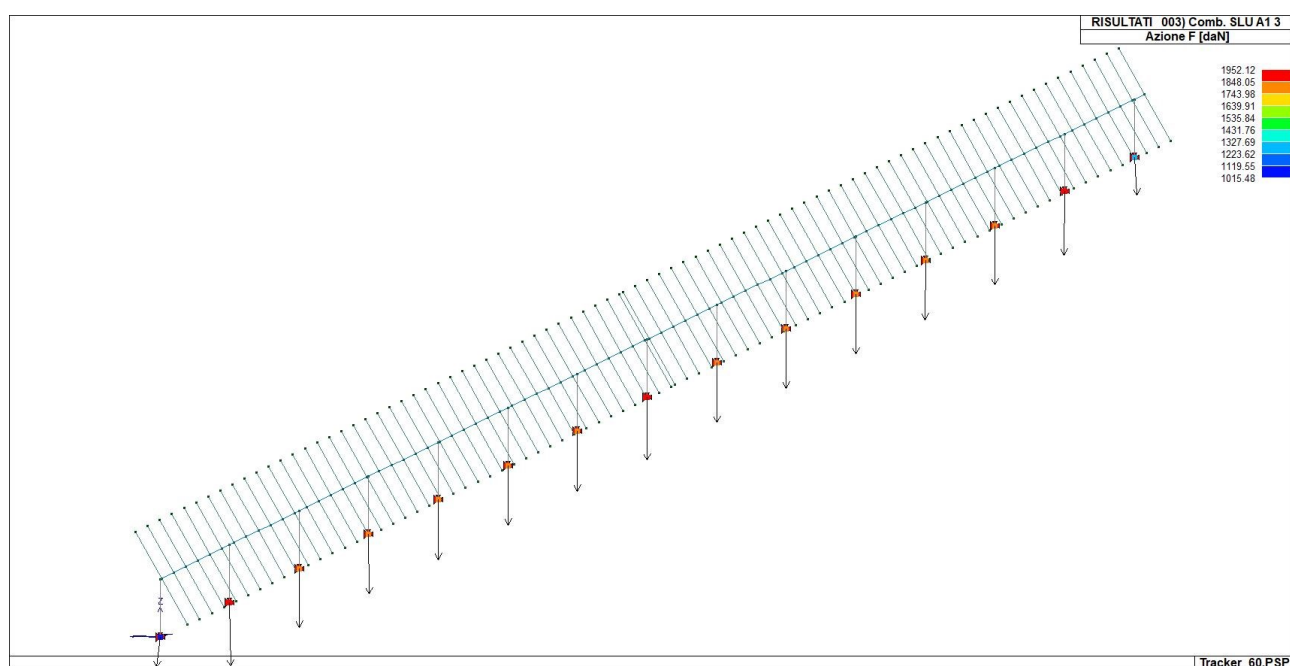
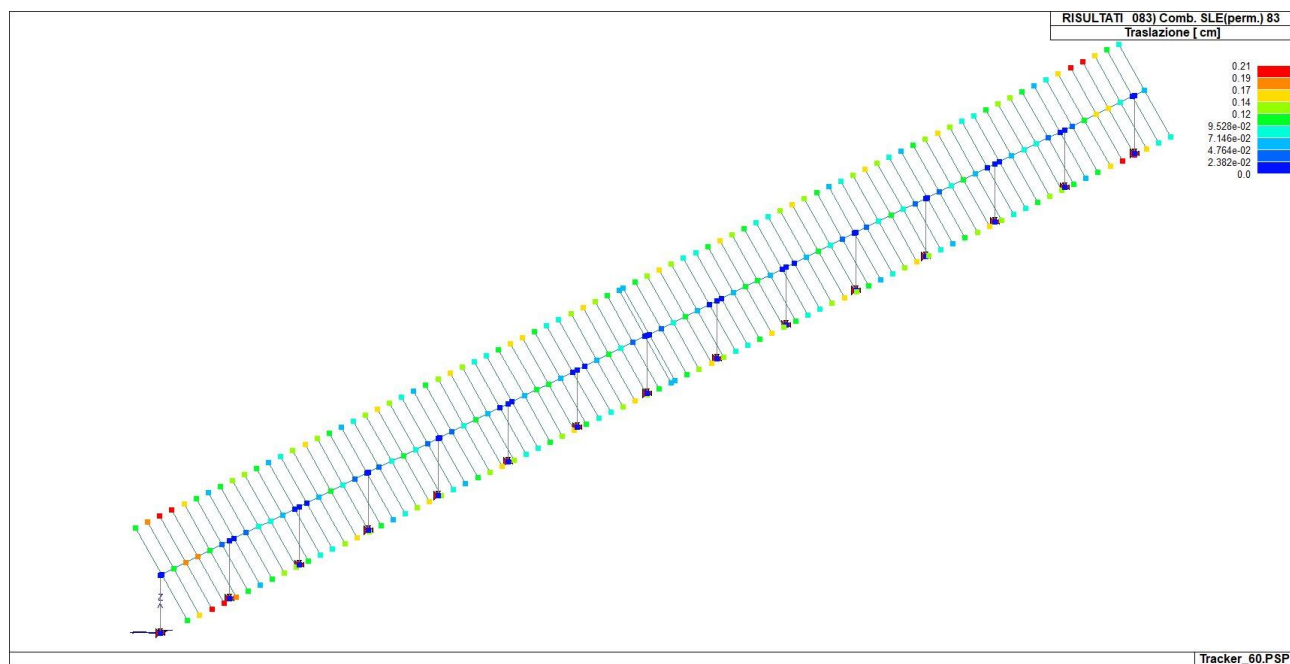
8.12 Principali risultati

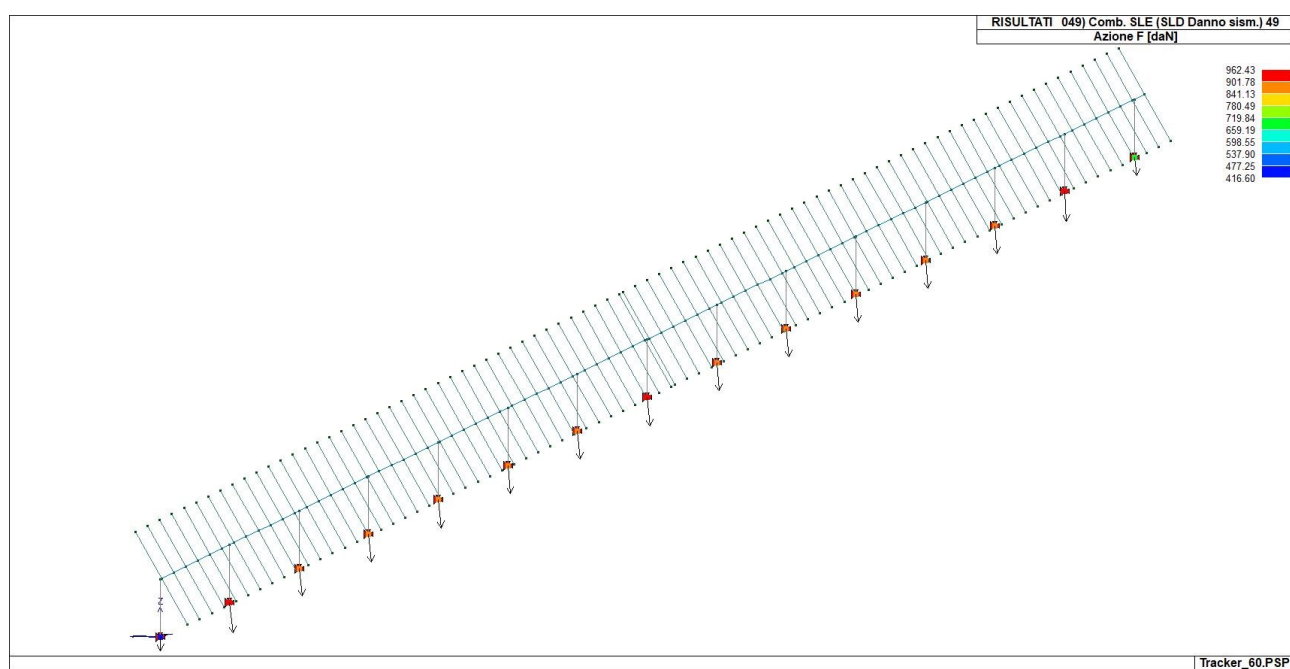
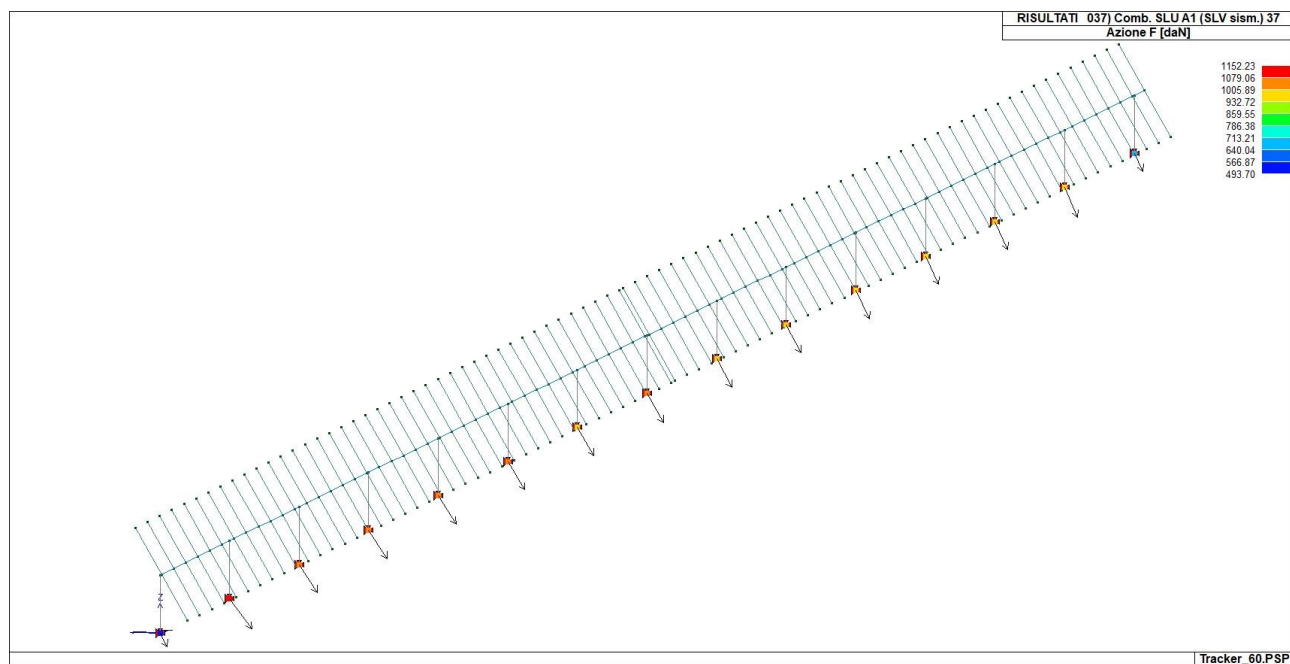
Si riportano i valori massimi dei principali risultati ottenuti per ogni gruppo di combinazioni:

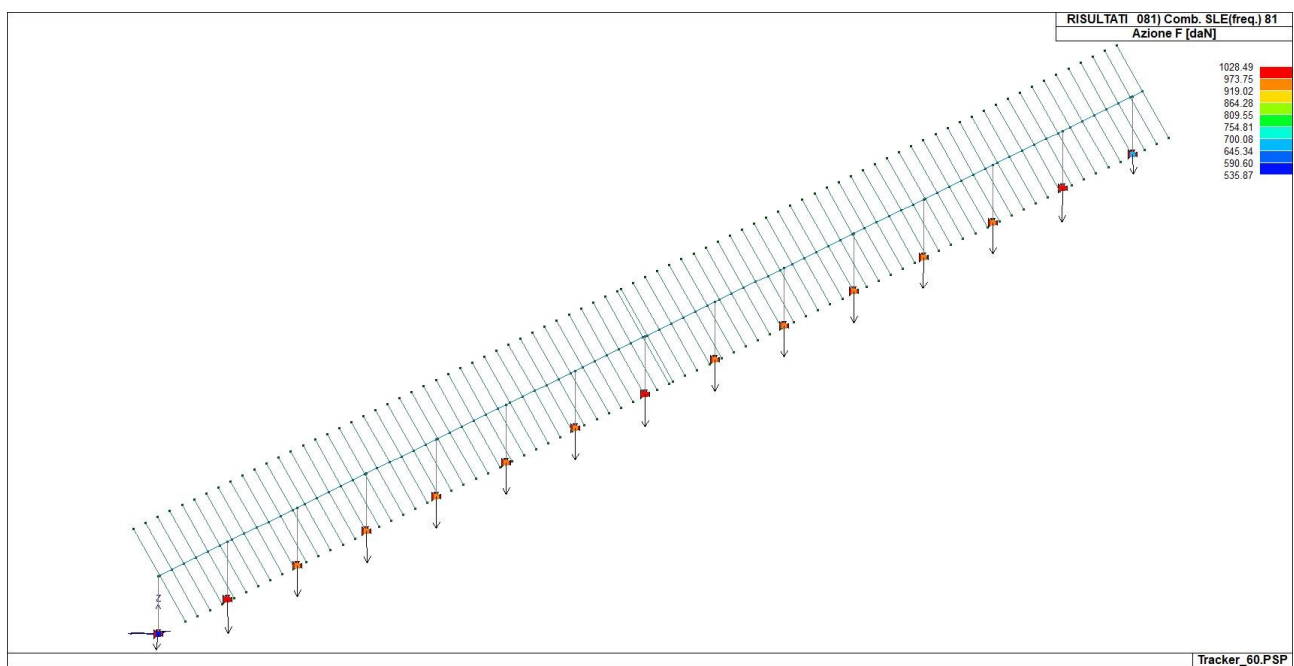
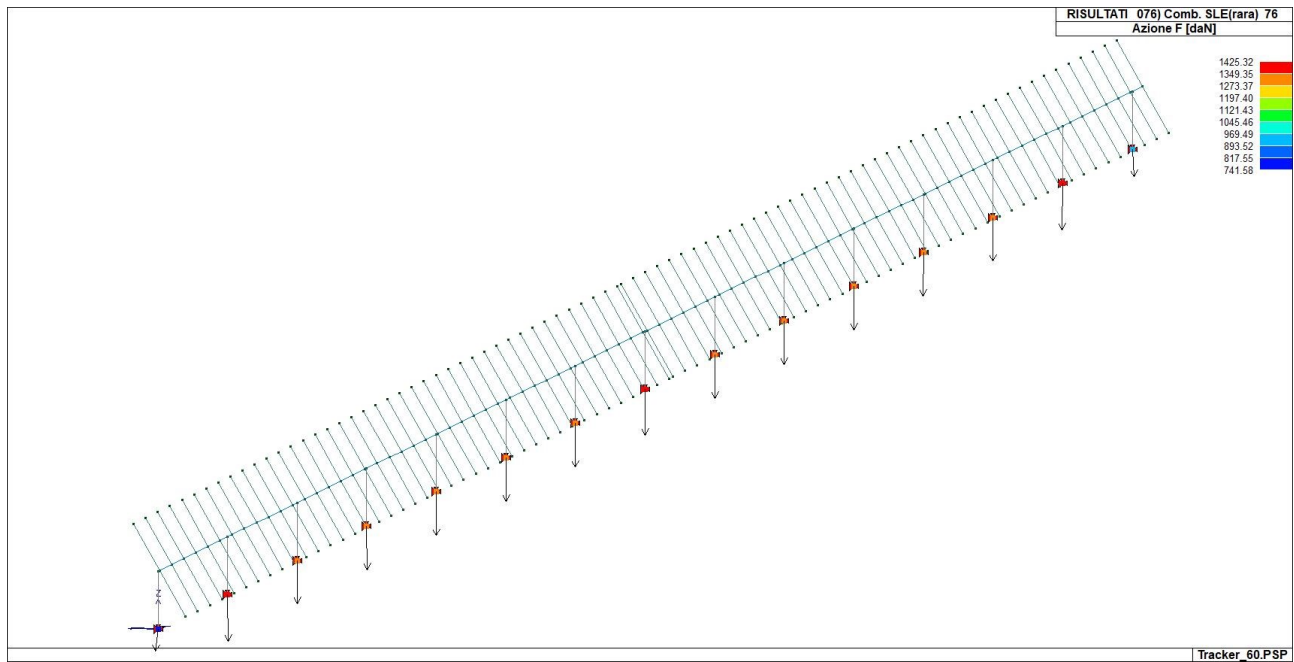


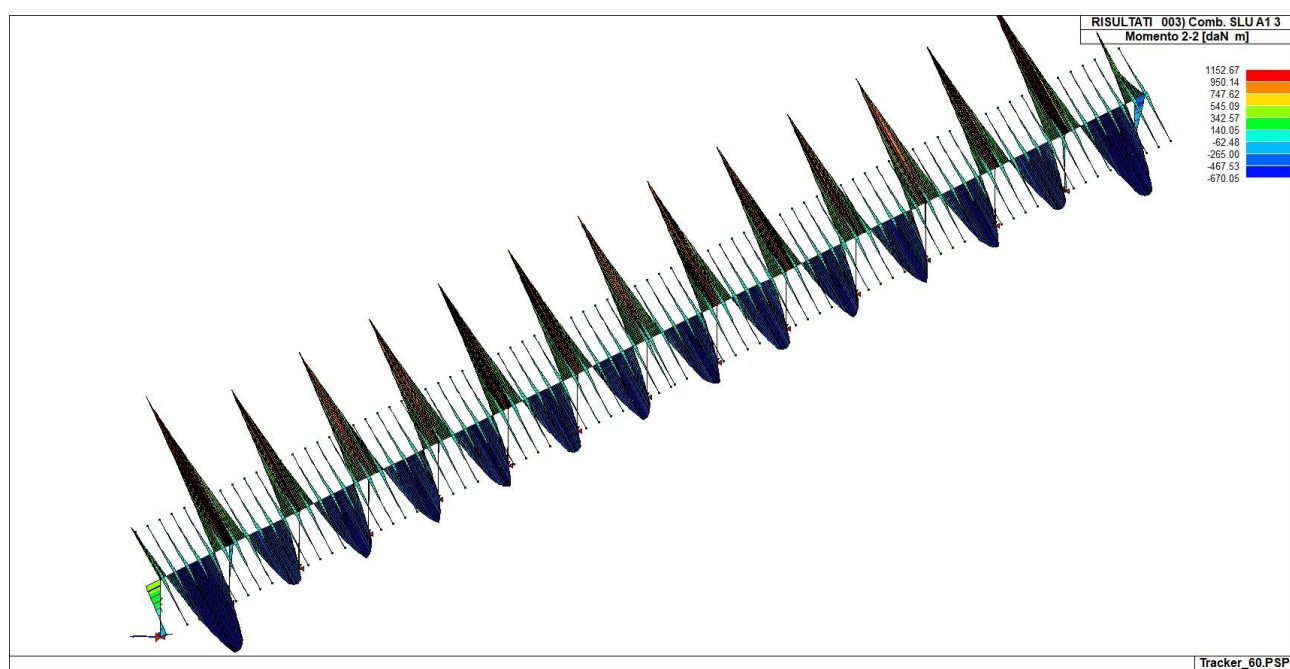
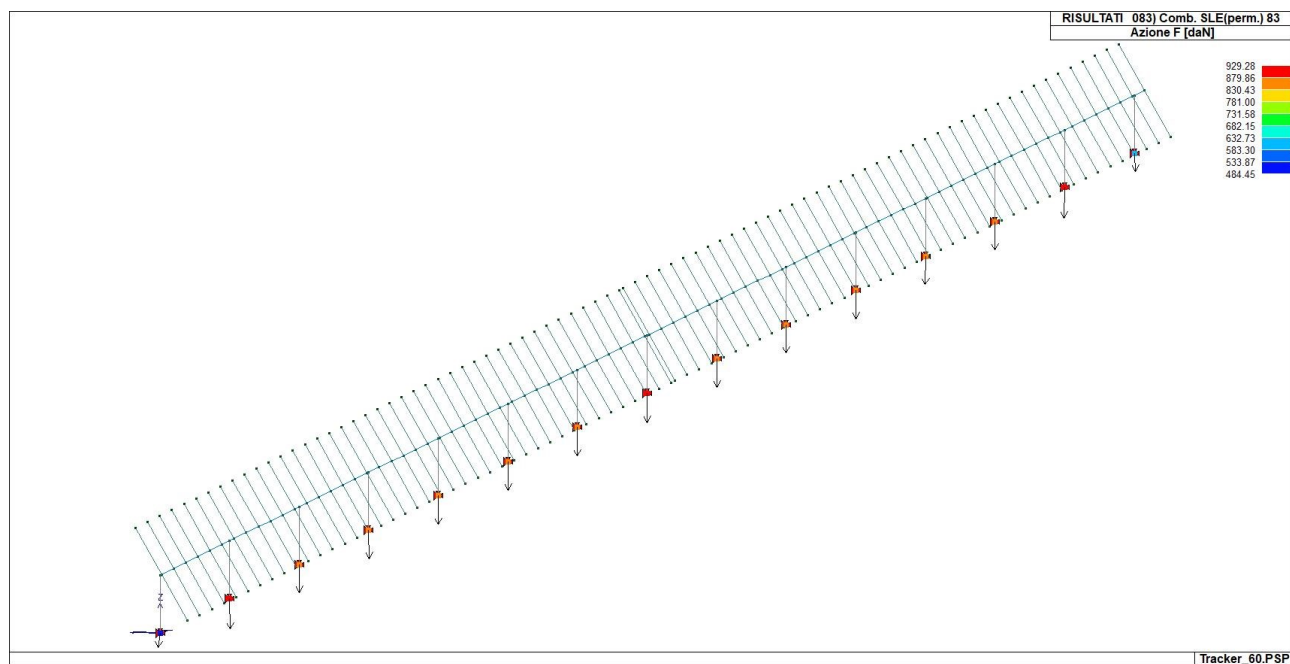


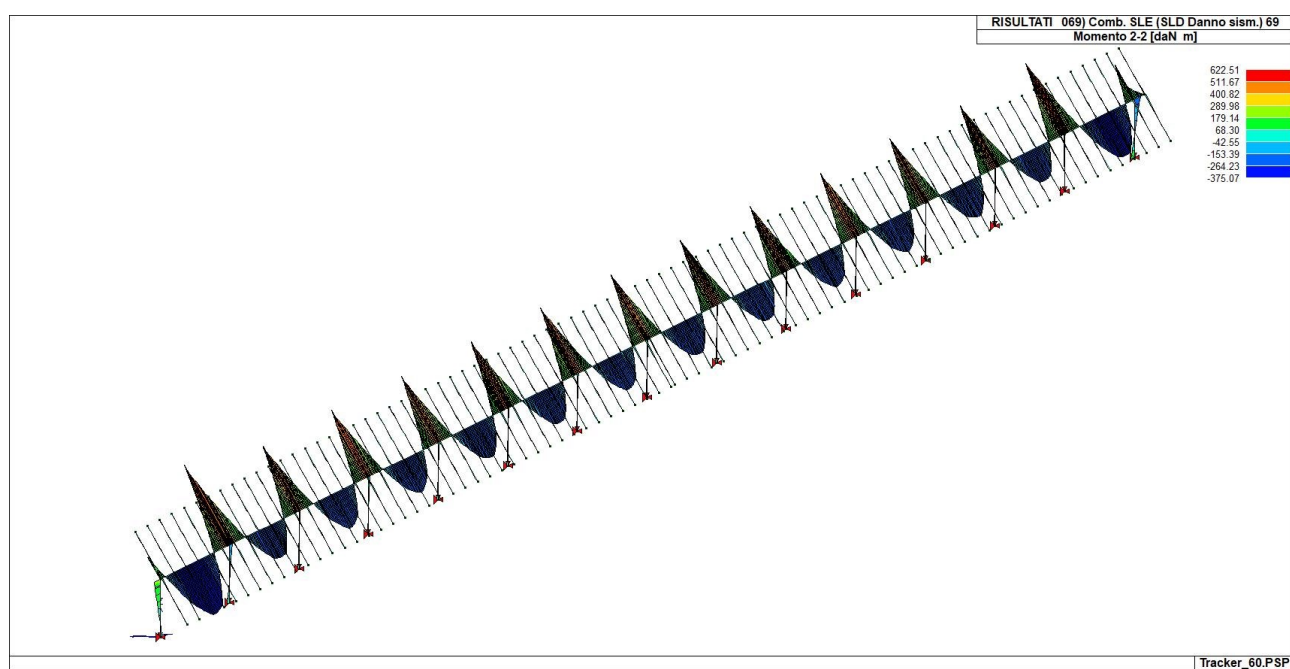
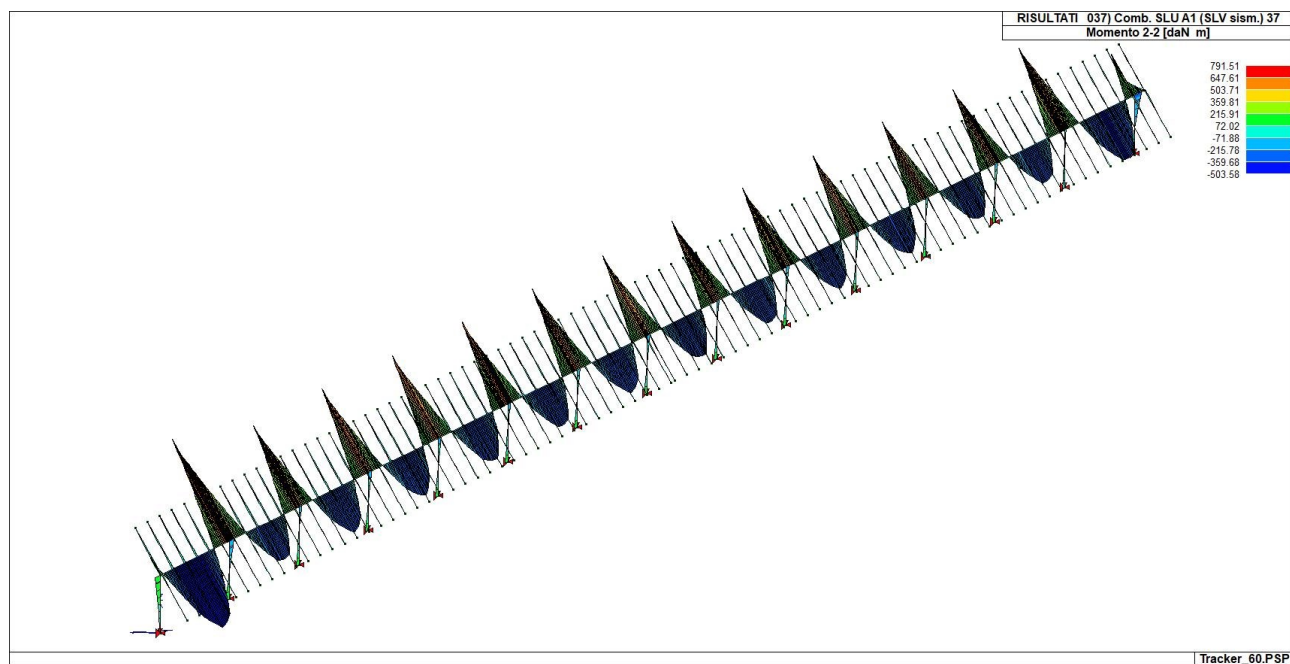


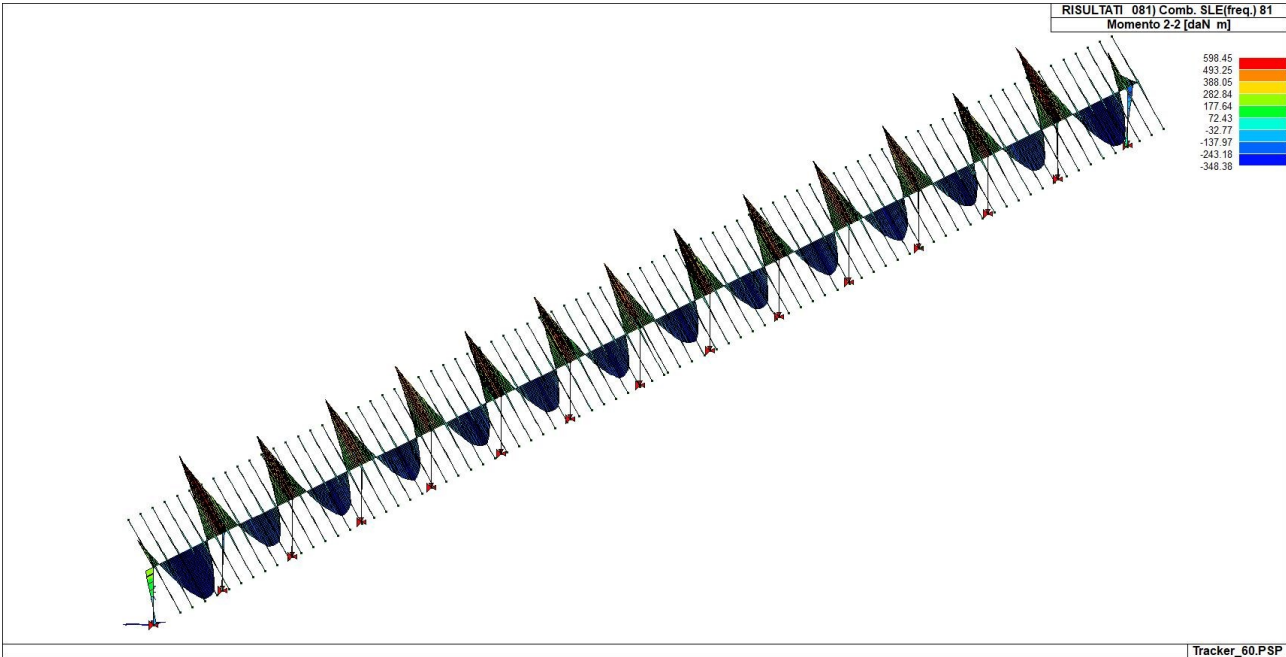
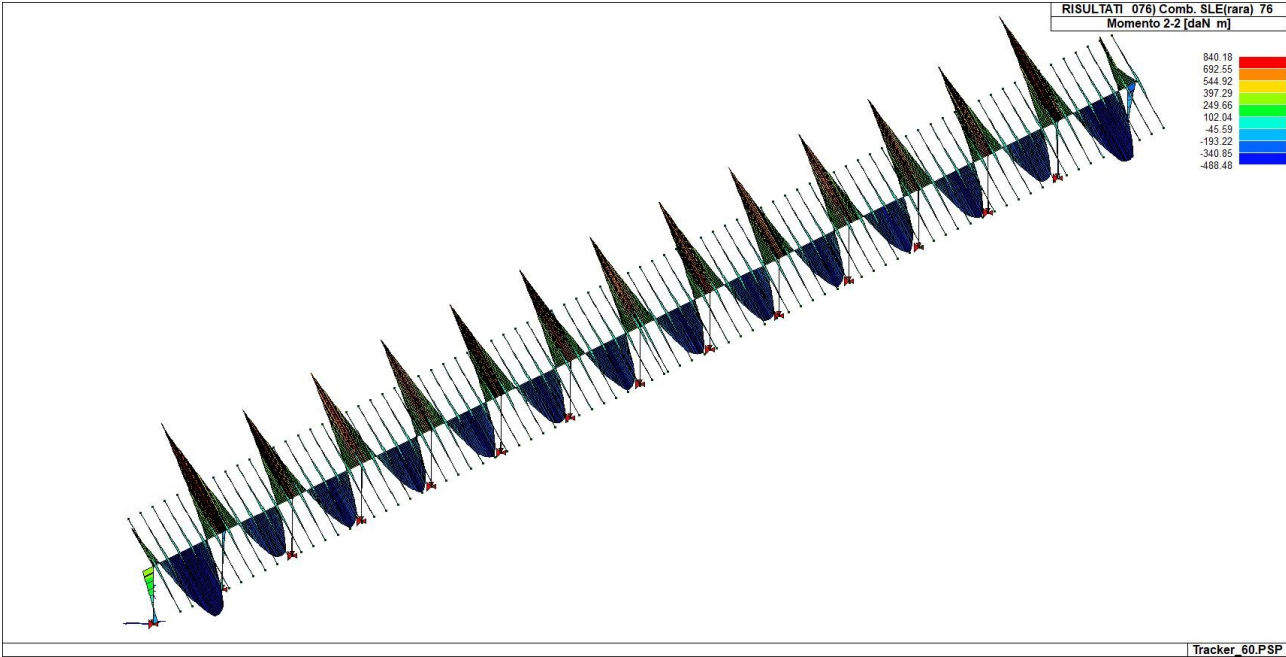


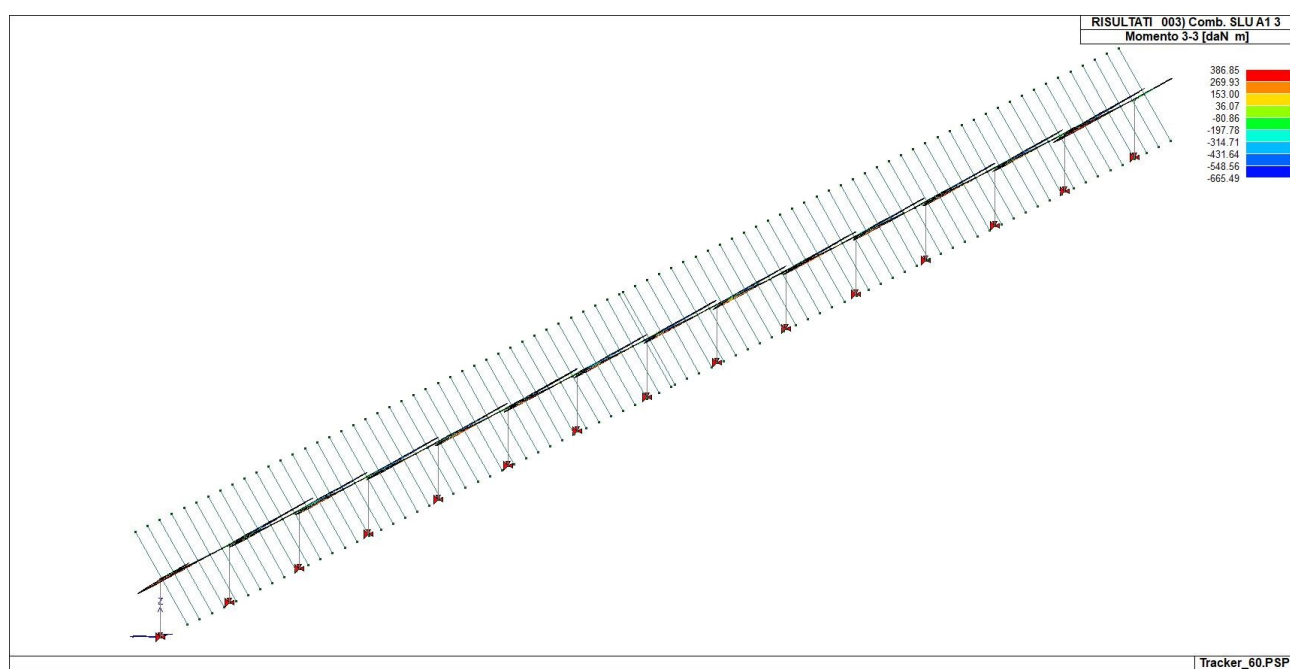
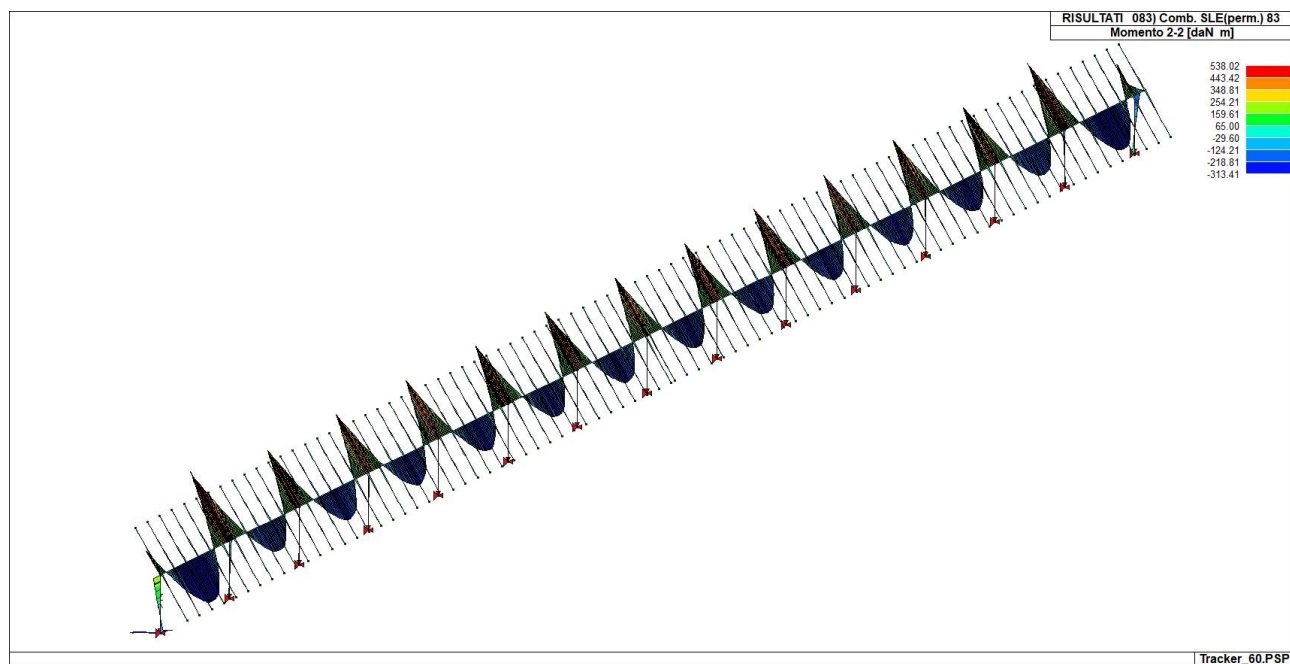


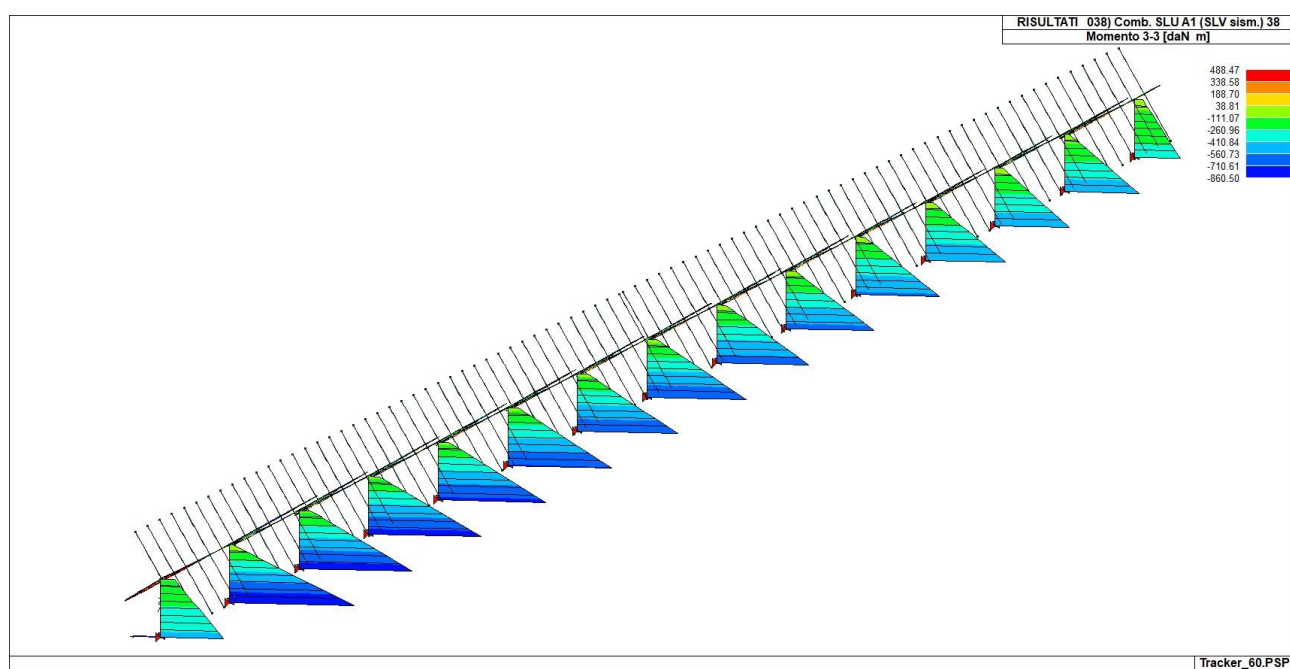
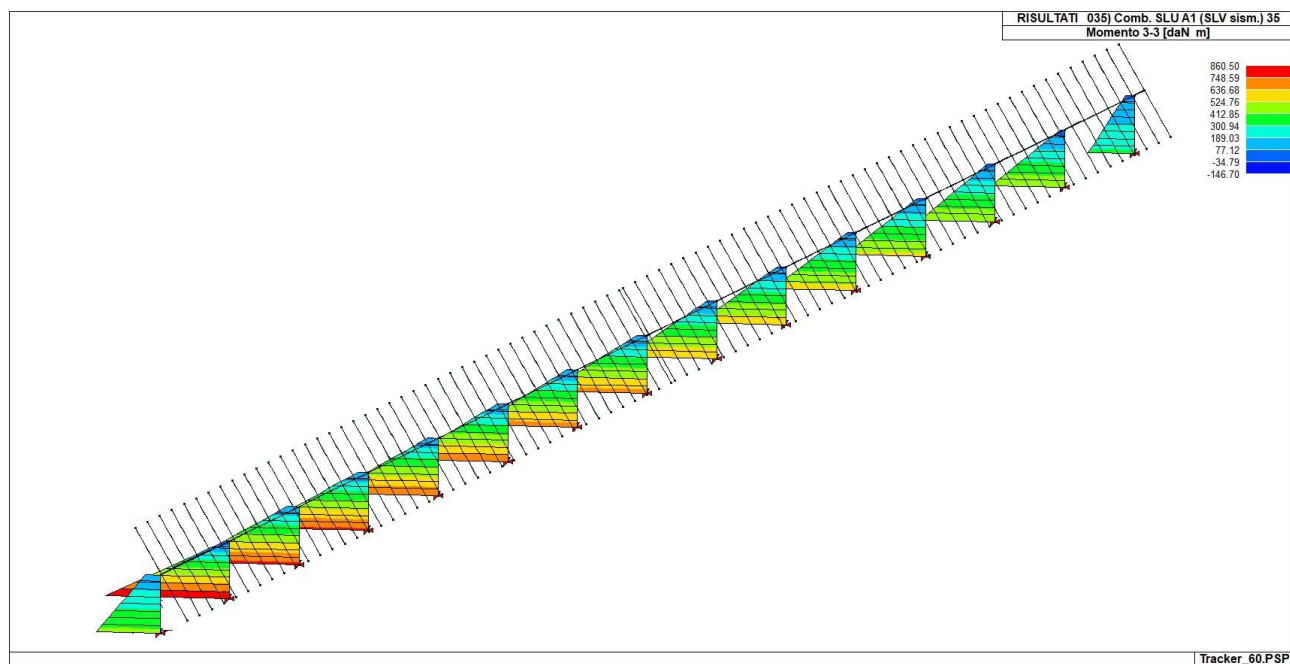


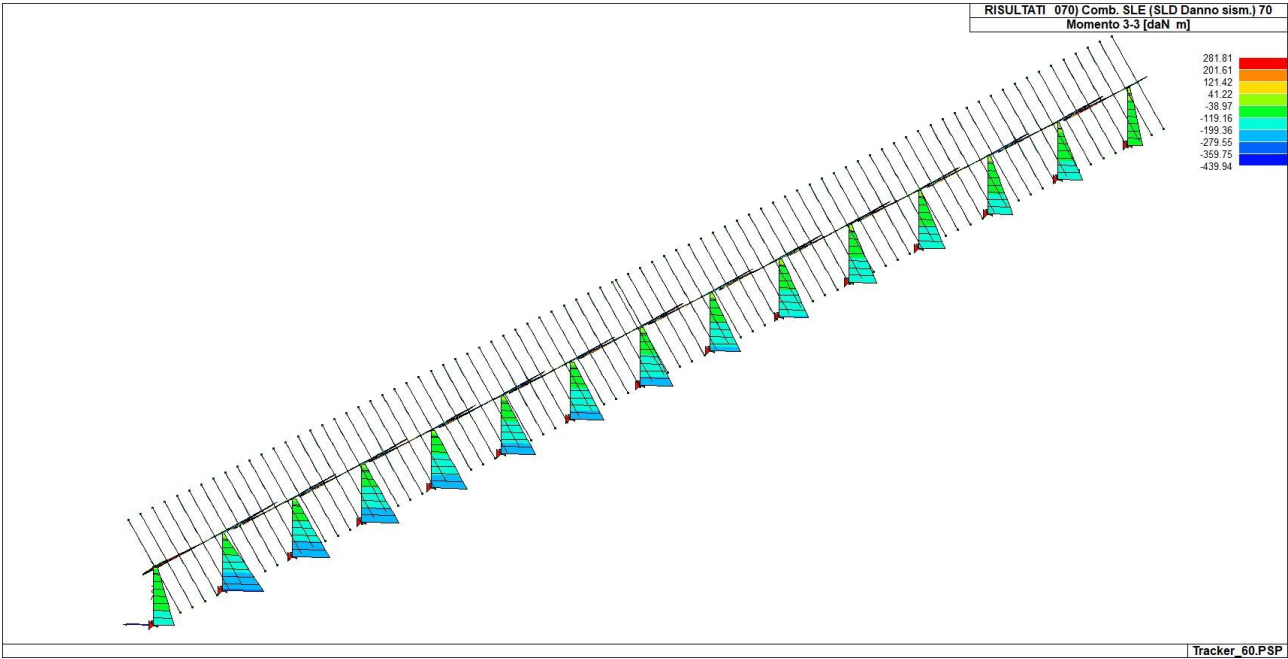
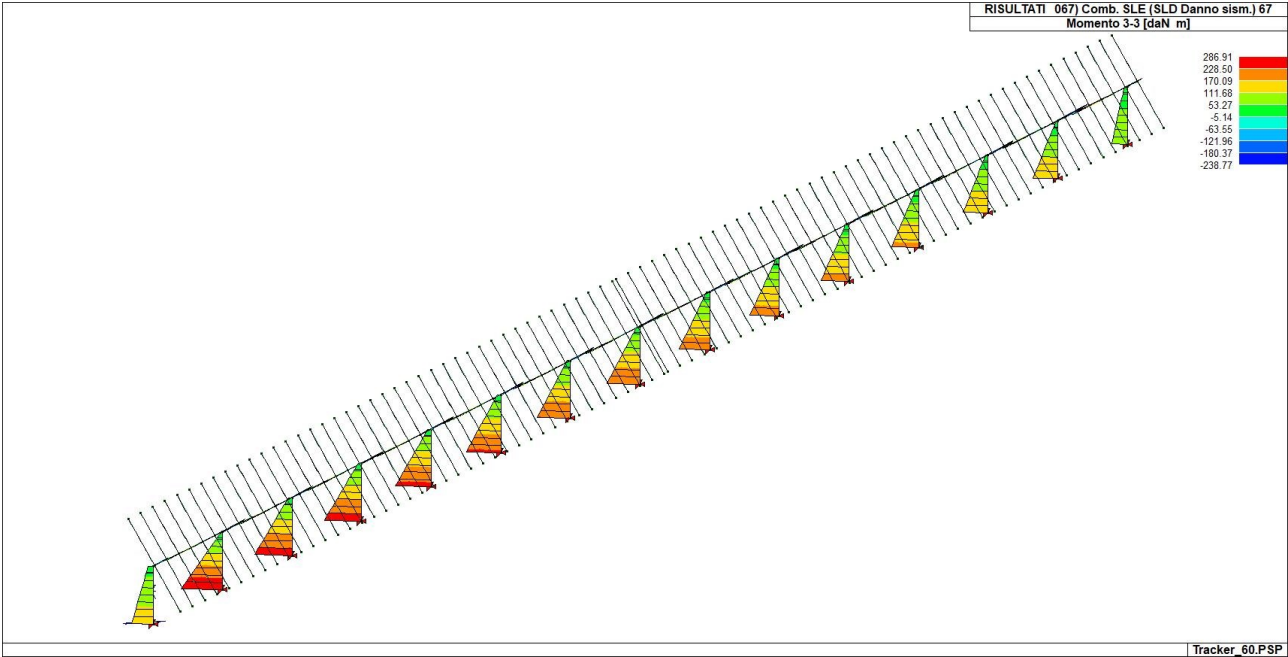


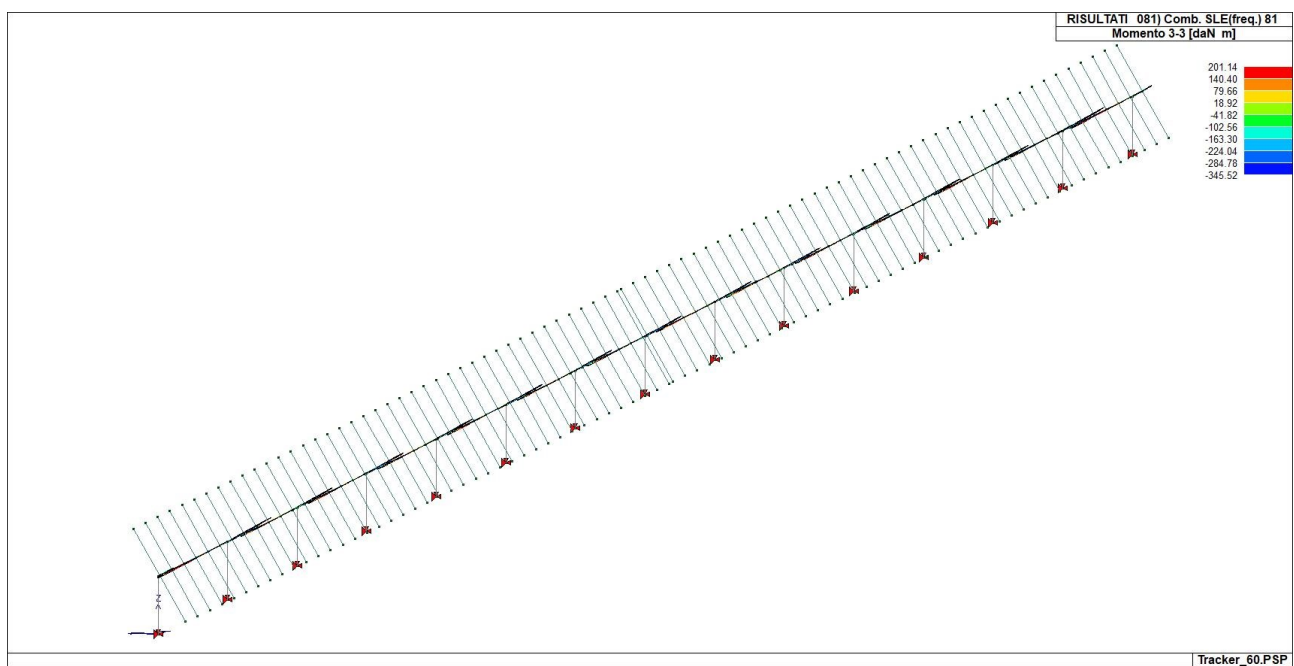
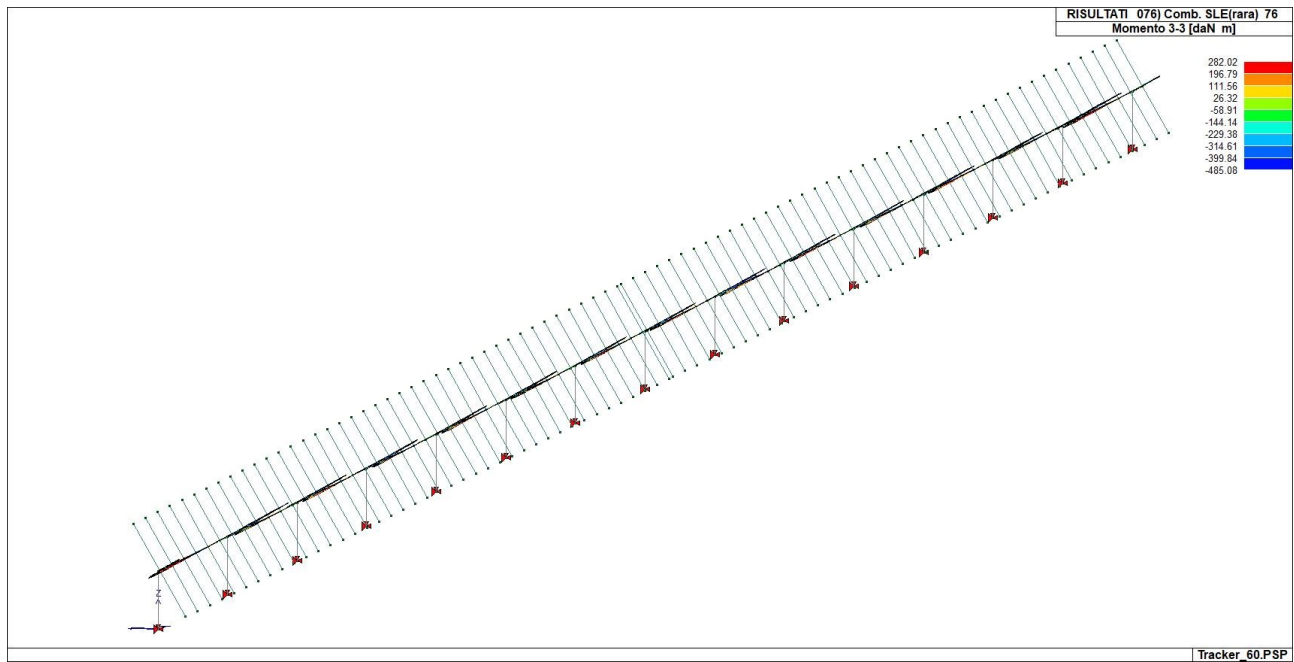


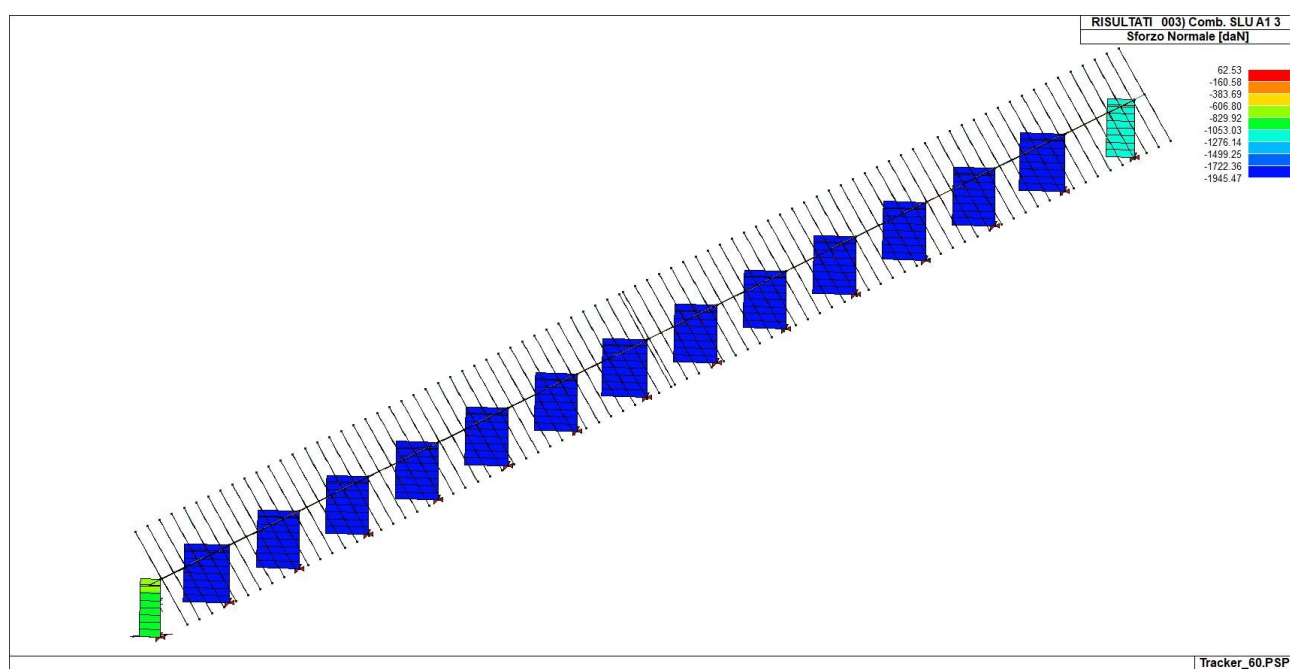
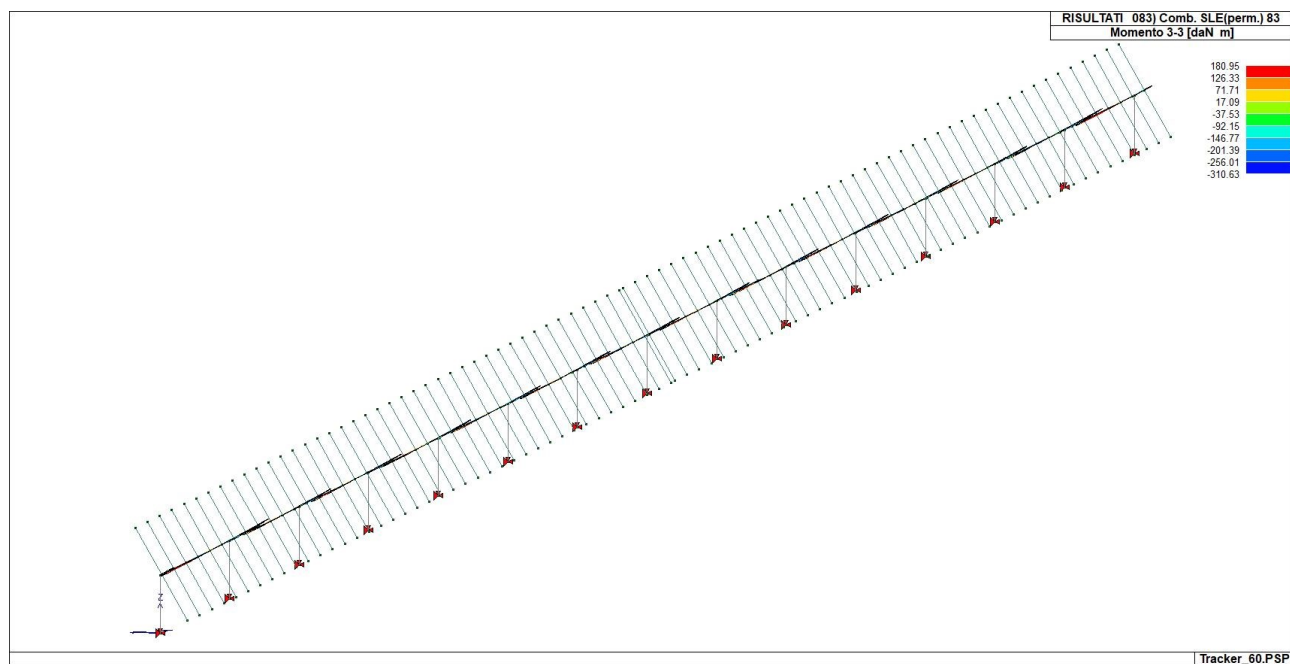


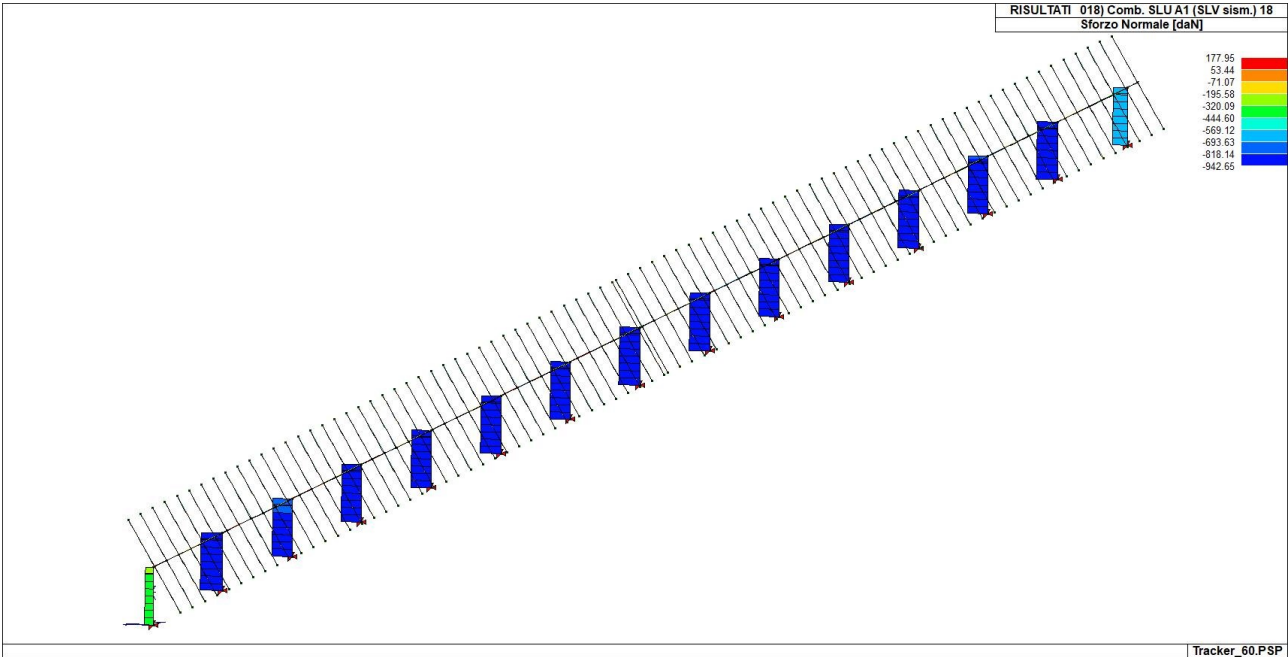
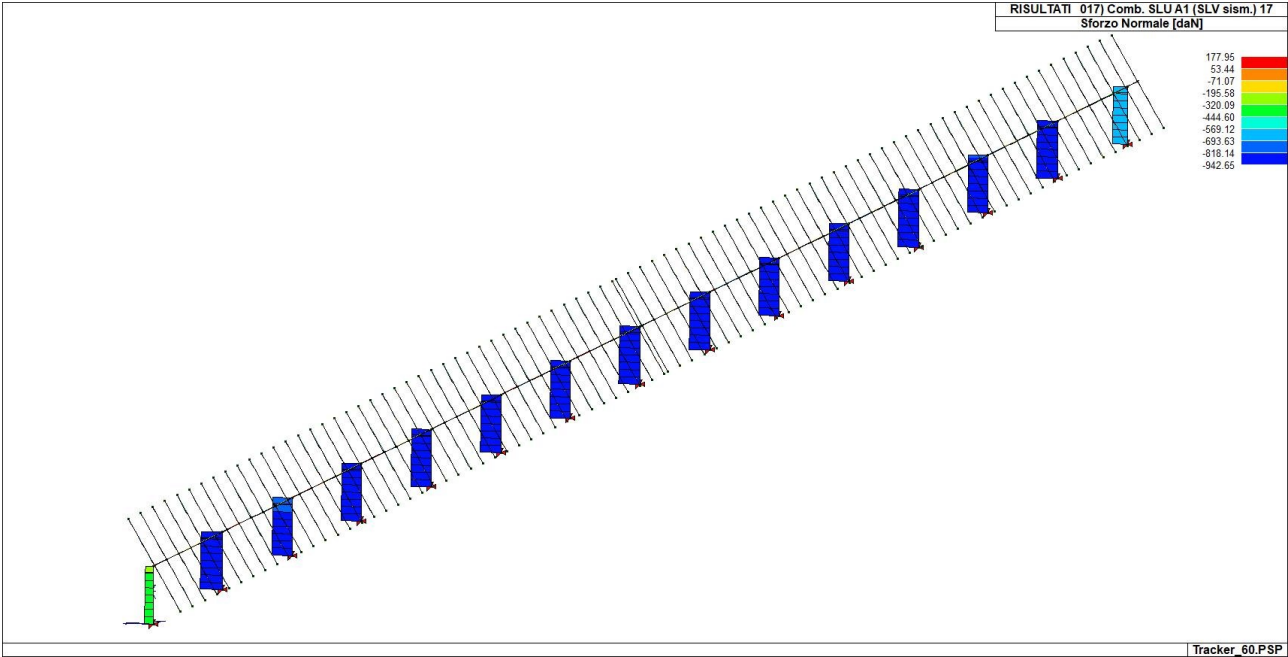


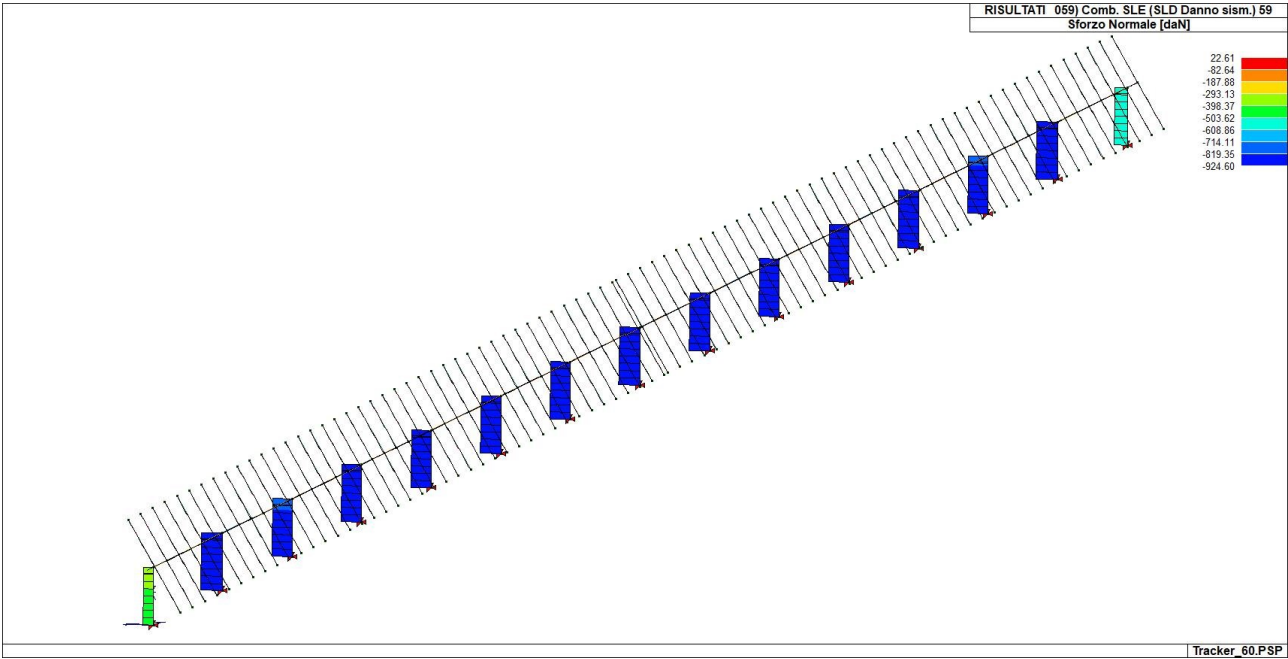
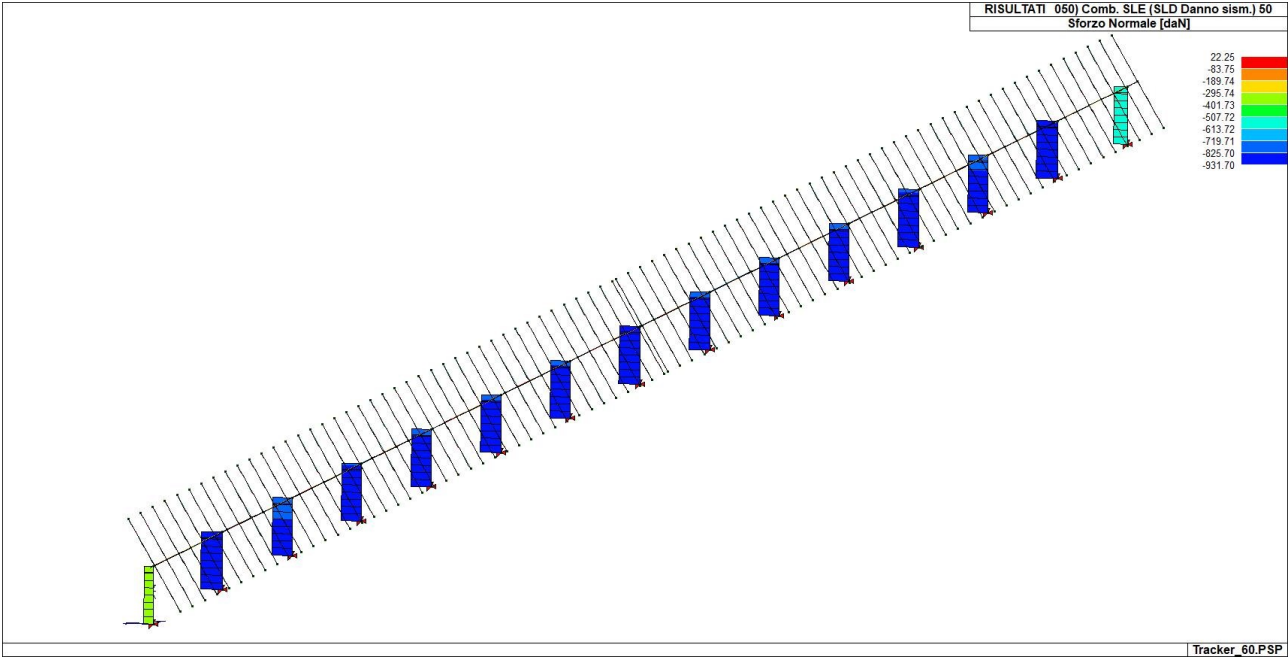


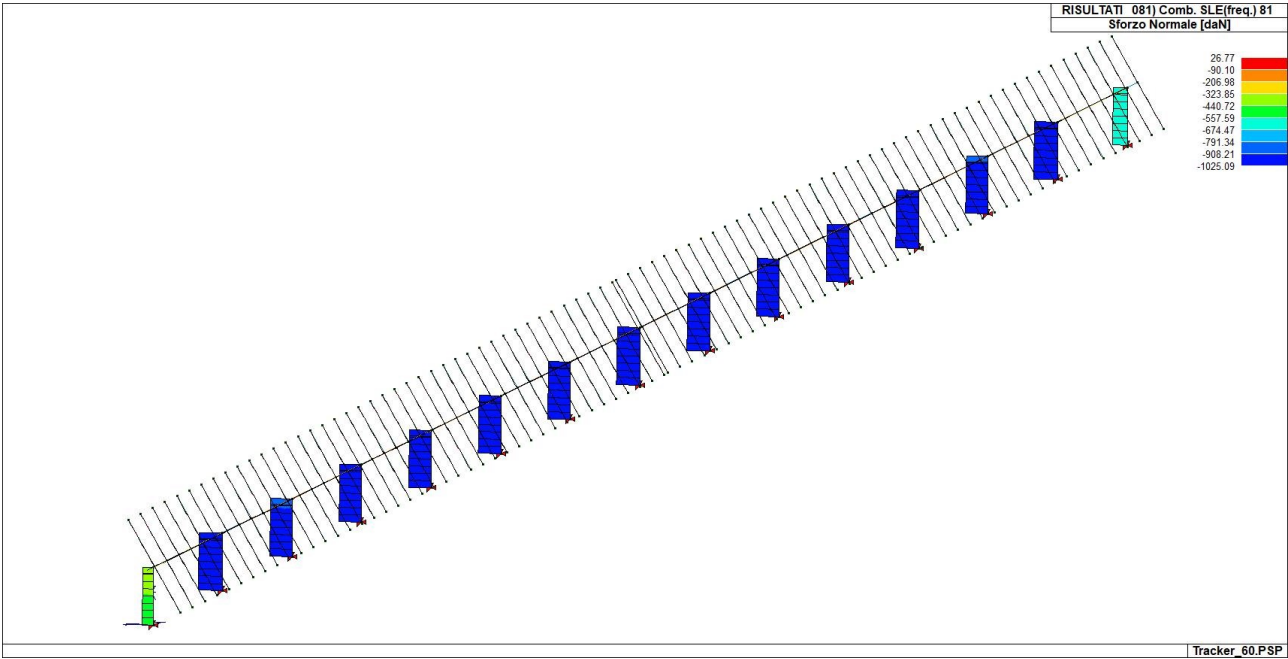
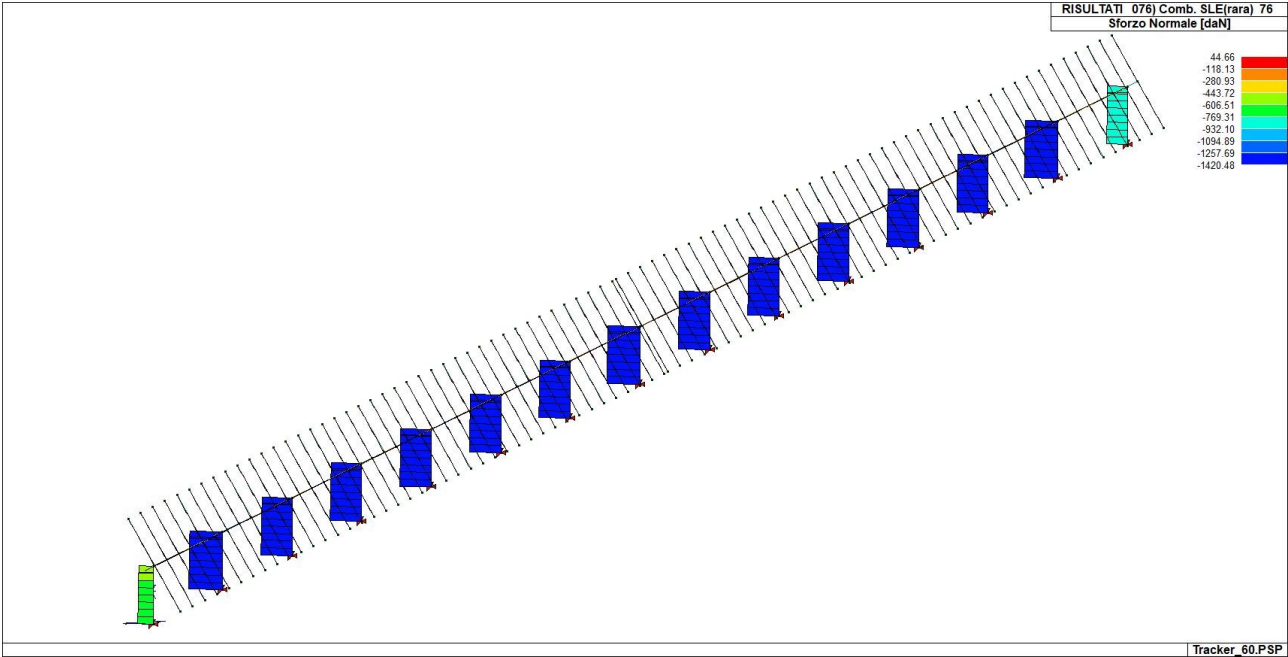


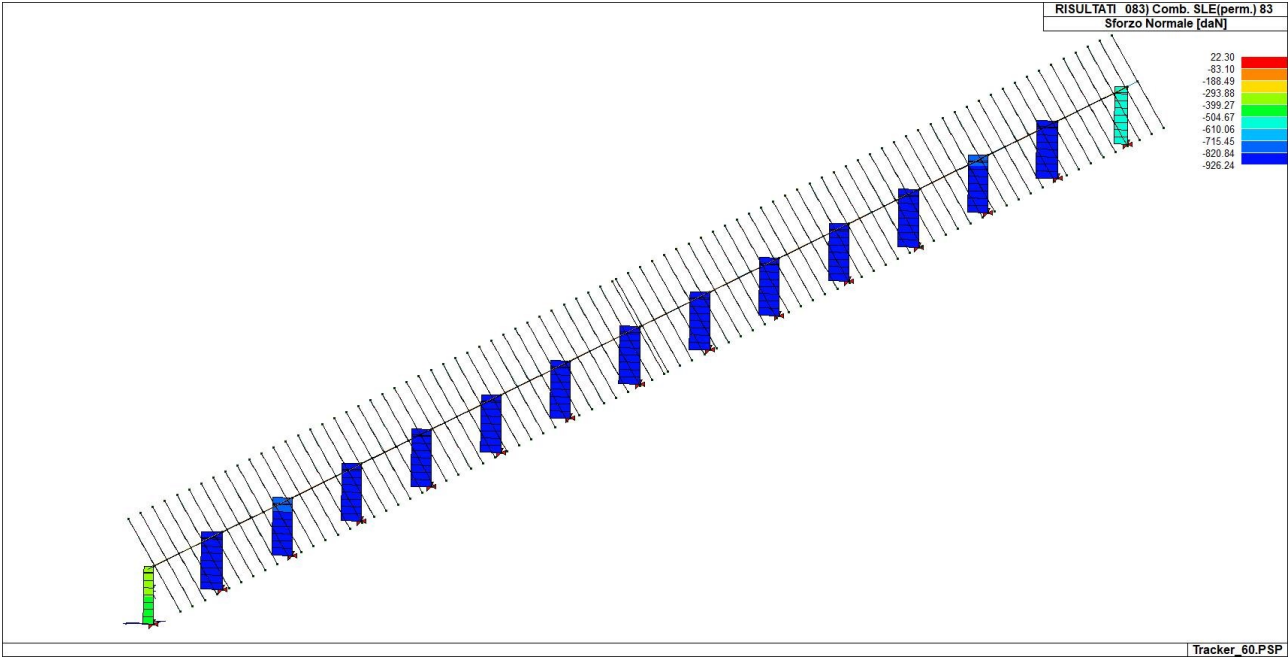












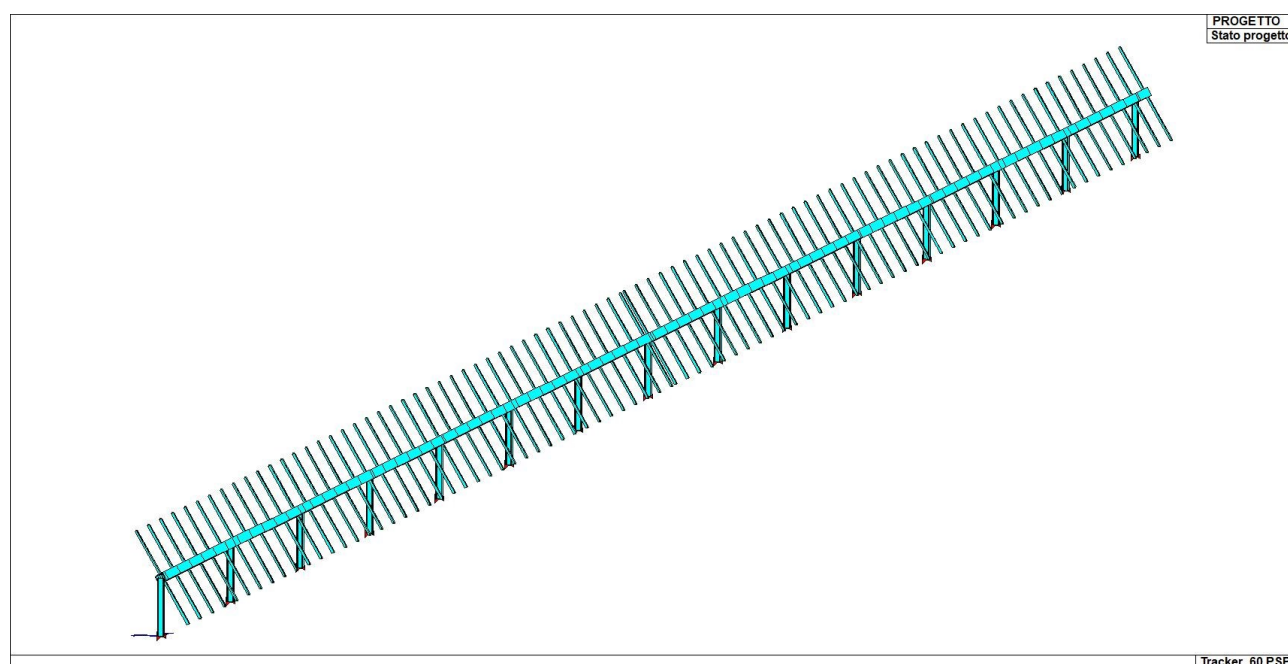
8.13 Sintesi delle verifiche di sicurezza

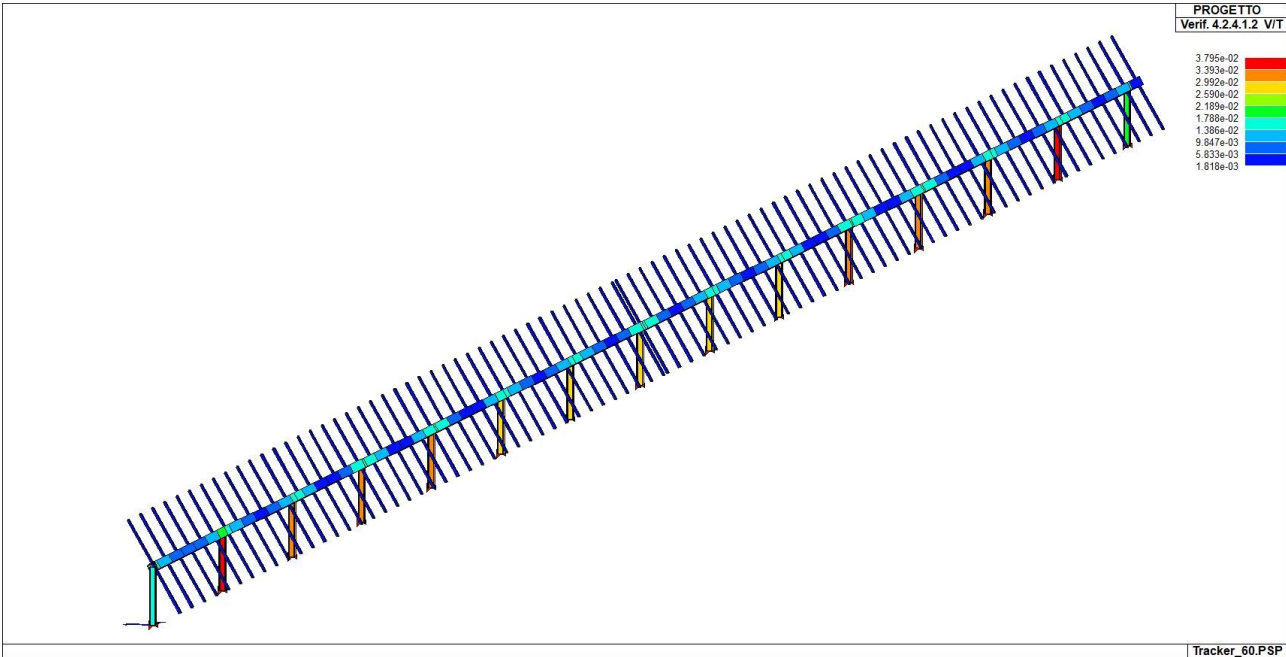
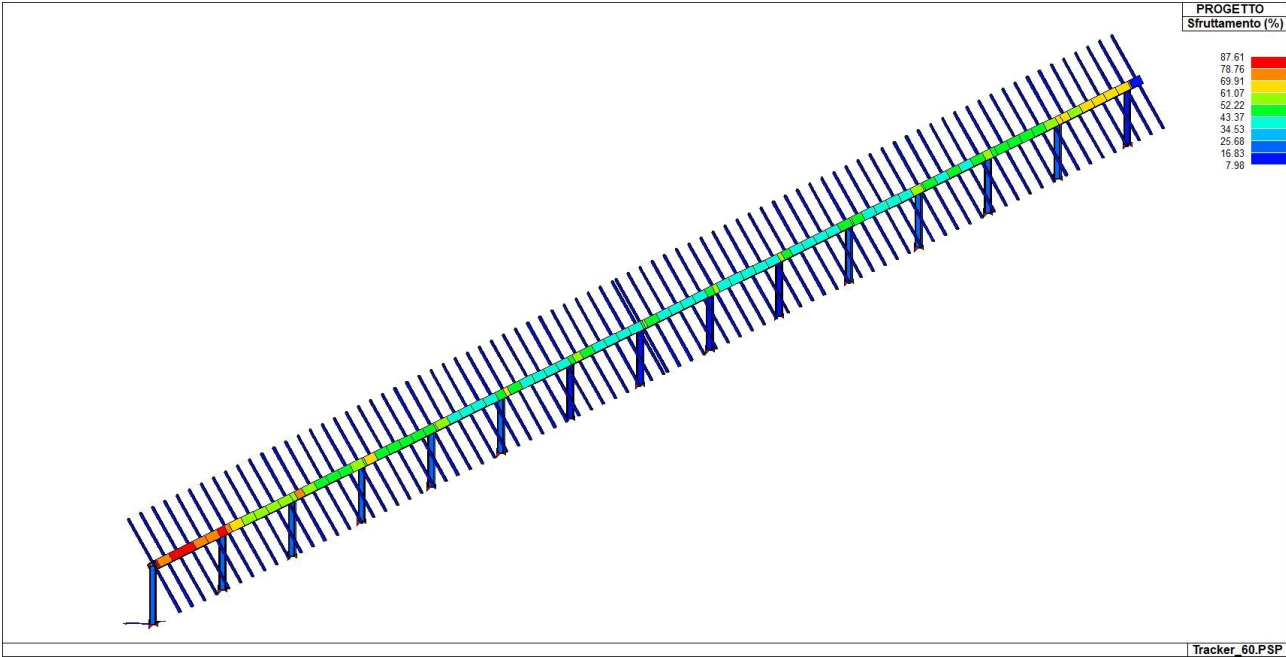
Si riportano a seguire i risultati della progettazione e delle verifiche effettuate.

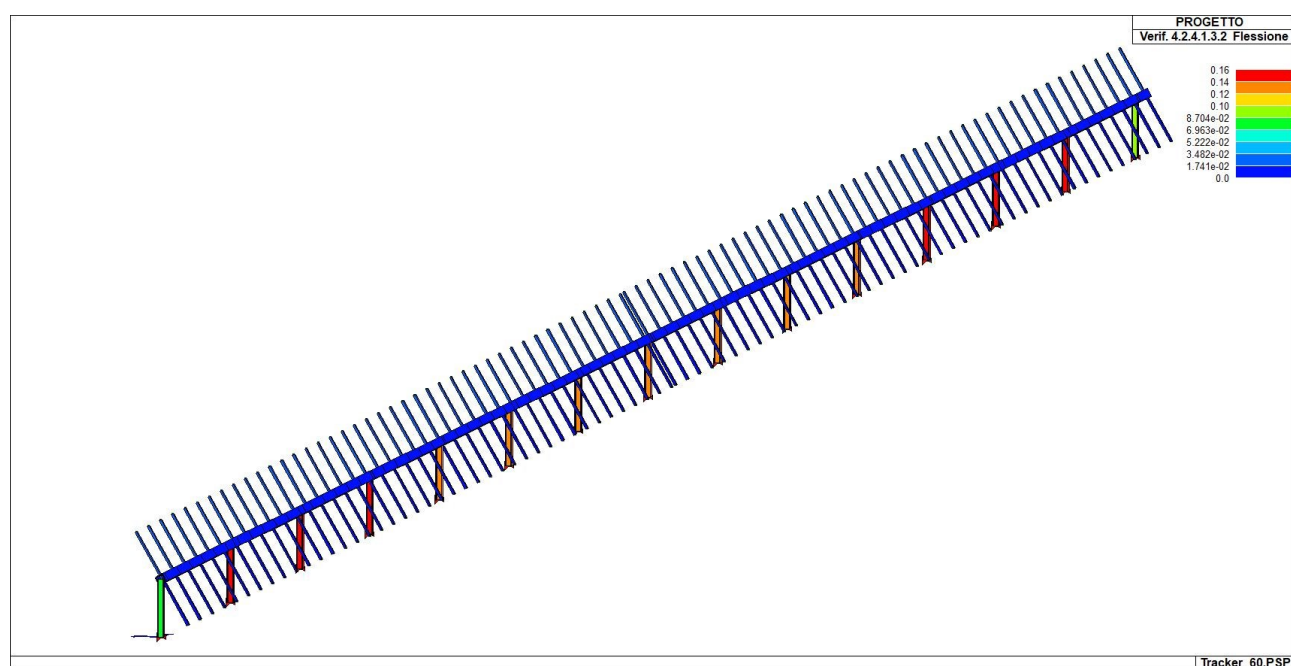
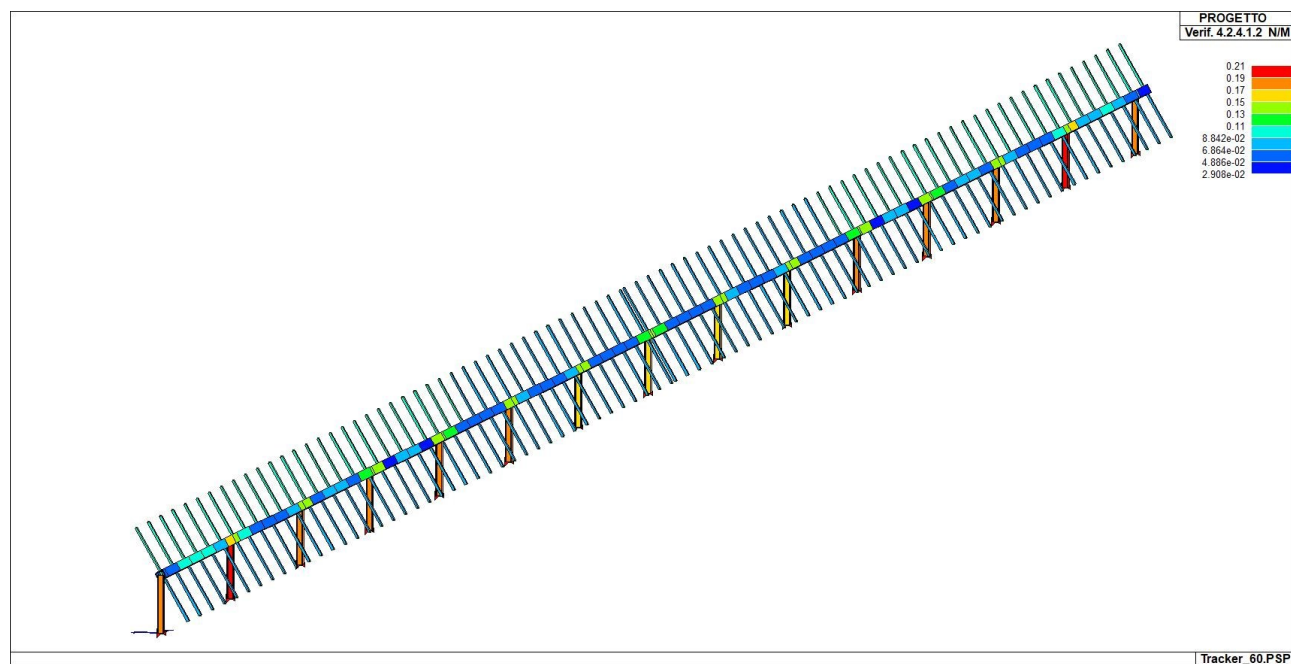
Gli stati di progetto *ciano* o *verde* indicano che le verifiche svolte sono interamente soddisfatte, gli stati di progetto *rossi*, al contrario, indicano che le verifiche non sono soddisfatte.

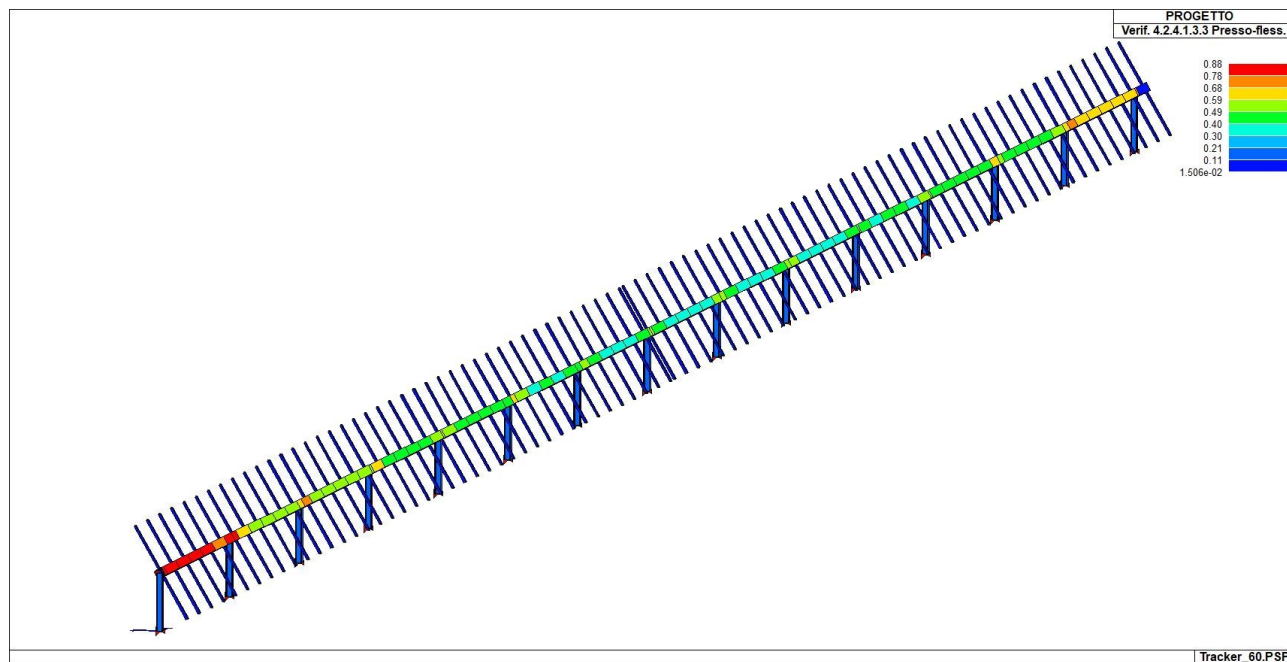
Laddove possibile le verifiche sono state normalizzate. Significa che se i valori indicati in mappa sono inferiori all'unità, la verifica può ritenersi soddisfatta.

Per tutte le altre verifiche i valori riportati vanno confrontati con i valori limite indicati da Normativa.









8.14 Fondazioni di sostegno

Per le strutture ad inseguimento si adatteranno pali prefabbricati in acciaio, disponibili in varie geometrie e configurazioni, che vengono infissi nel terreno per mezzo di semplici apparecchiature montabili con facilità sulle più comuni macchine operatrici. Ciò implica la quasi totale assenza di un cantiere per la realizzazione della fondazione, aspetto fondamentale quando ci si trova ad operare in ambiti rurali difficilmente raggiungibili, e soprattutto consente di realizzare opere facilmente reversibili.

Tale tipologia di palo è dimensionata dal Costruttore per resistere sia a sforzi di compressione che di trazione e perciò consente alla struttura di sopportare anche momenti ribaltanti.

In fase esecutiva, a seguito di prove geotecniche, sarà possibile eventualmente definire una diversa tipologia di palo. Ricontrate particolari condizioni geotecniche del sito, il Costruttore potrebbe suggerire, infatti, l'installazione dei cosiddetti "Pali a Vite" i quali, così come i suddetti pali infissi, non richiedono fondazione.

Verifica a sfilamento

La verifica geotecnica più gravosa per questa tipologia di fondazione è quella relativa al **collasso per carico limite di sfilamento nei riguardi dei carichi assiali di trazione**.

Pertanto, si è proceduto al calcolo delle massime sollecitazioni di sfilamento, le quali sono state confrontate con la portanza limite laterale del palo, trascurando il peso proprio dello stesso a vantaggio di sicurezza.

Alla luce di tale considerazione, la combinazione di carico critica risulta essere, quella in cui si considerano:

- vento sfavorevole in direzione ortogonale ai pannelli fotovoltaici ($\gamma_Q = 1,5$);
- carico neve favorevole e quindi nullo ($\gamma_Q = 0$);
- peso proprio della struttura favorevole ($\gamma_G = 1$);

Per il calcolo delle massime sollecitazioni di trazione agenti alla base della struttura, quest'ultima è stata ipotizzata essere da palo circolare di diametro 140 mm con spessore pari a $t = 3$ mm.

Considerando la superficie dei moduli che compete ad un singolo palo ($7,50 \times 1,98 = 14,85 \text{ m}^2$) che compete a quello più sollecitato, la massima forza di sfilamento calcolata è pari a circa:

$$p = 80 \text{ Kg/m}^2 \times (\text{Pressione del vento})$$

$$T_{sd} = 80 \times 14,85 = 1188 \text{ Kg}$$

$T_{sd} = 1188 \text{ daN}$ (a vantaggio di sicurezza si è considerata tutta la forza vento e non solo la componente verticale)

Si è determinata R_{sd} :

Palo circolare DN 140

$P = 43,98 \text{ cm}$

$C_u = 0,5 \text{ kg/cm}^2$

$A_I = 8796 \text{ cm}^2$

$a = 0,7 \text{ cm}$

$$R_{sd} = C_u \cdot A_I \cdot a$$

$$R_{sd} = 3079 \text{ daN}$$

La verifica è soddisfatta in quanto **$T_{sd} < R_{sd}$**

9 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono stati introdotti i criteri per la progettazione delle opere e dei componenti strutturali di impianto. È stata riportata una verifica preliminare degli elementi strutturali di sostegno dei moduli fotovoltaici ed è stata data una prima indicazione sul tipo calcestruzzo armato utilizzabile per la realizzazione delle fondazioni delle apparecchiature di impianto.

Dall'analisi dei risultati ottenuti risulta che le verifiche condotte con il D.M. 17.01.2018 sono a favore di sicurezza e soddisfano ogni prescrizione della normativa vigente; pertanto, la struttura così progettata è atta a sopportare i carichi di progetto sopra menzionati.

Si rimanda alla fase esecutiva il dimensionamento definitivo delle opere descritte precedentemente, precisando che le strutture delle cabine di campo e la Cabina di consegna sono prefabbricati predimensionati dal fornitore e che le strutture tracker sono dimensionate dal fornitore sulla base delle caratteristiche dell'area di installazione; i dettagli, quindi, dei dimensionamenti sono resi disponibili in fase di progettazione esecutiva. Tutte le assunzioni fatte in questa sede, per la preliminare determinazione dei carichi agenti, sono basate su strutture esistenti e con caratteristiche dimensionali, materiali e di peso simili a quelle che saranno utilizzate per realizzazione delle opere di progetto.