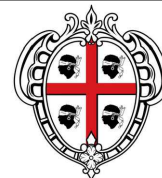


# PROGETTO DELLA CENTRALE SOLARE "SA MANDRA AGRISOLARE"

da 46,59 MWp - Guspini (SU)



# E-R07

PROGETTO DEFINITIVO

Calcolo preliminare strutture



**Statkraft**

OXY CAPITAL  
ADVISORS

**Proponente**

**SKI 11 S.r.l.**

Via Caradosso 9, 20123 Milano

**Investitore agricolo superintensivo**

**OXY CAPITAL ADVISOR S.R.L.**

Via A. Bertani, 6 - 20154 (MI)



**Progetto dell'inserimento paesaggistico e mitigazione**

*Progettista:* Agr. Fabrizio Cembalo Sambiase, Arch. Alessandro Visalli

*Coordinamento:* Arch. Riccardo Festa

*Collaboratori:* Urb. Enrico Borrelli, Arch. Paola Ferraioli, Arch. Anna Manzo, Arch. Ilaria Garzillo  
Agr. Giuseppe Maria Massa, Agr. Francesco Palombo



**AEDES GROUP**  
ENGINEERING

**Progettazione elettrica e civile**

*Progettista:* Ing. Rolando Roberto, Ing. Giselle Roberto

*Collaboratori:* Ing. Marco Balzano, Ing. Simone Bonacini

**Progettazione oliveto superintensivo**

*Progettista:* Agr. Giuseppe Rutigliano



**MARE  
RINNOVABILI**

**Consulenza geologia**

Geol. Gaetano Ciccarelli

**Consulenza archeologia**

GEA Archeologia

10 ● 2023

| rev | descrizione    | formato | elaborazione     | controllo        | approvazione     |
|-----|----------------|---------|------------------|------------------|------------------|
| 00  | Prima consegna | A4      | Giovanni Aurilio | Giovanni Aurilio | Giovanni Aurilio |
| 01  |                |         |                  |                  |                  |
| 02  |                |         |                  |                  |                  |
| 03  |                |         |                  |                  |                  |
| 04  |                |         |                  |                  |                  |
| 05  |                |         |                  |                  |                  |
| 06  |                |         |                  |                  |                  |
| 07  |                |         |                  |                  |                  |

# **RELAZIONE DI CALCOLO**

## **GUSPINI (SU)**

**Relazione di calcolo strutturale impostata e redatta secondo le modalità previste nel D.M. 17 Gennaio 2018 cap. 10 “Redazione dei progetti strutturali esecutivi e delle relazioni di calcolo”.**

| <b>Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo</b> |                                                                                                                                    |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Codice di calcolo:                                     | PRO_SAP PROfessional Structural Analysis Program                                                                                   |
| Versione:                                              | PROFESSIONAL (build 2020-09-190)                                                                                                   |
| Produttore-Distributore:                               | 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l.<br>Via Garibaldi, 90 44121 Ferrara FE ( Italy)<br>Tel. +39 0532 200091 www.2si.it |
| Codice Licenza:                                        | Licenza dsi3109                                                                                                                    |
|                                                        | Dott. Ing. Giovanni Aurilio<br>Viale Rimembranze 22, 03029 Veroli (FR)<br>giovanni.aurilio@libero.it<br>349.5555894                |



Dott. Ing. Giovanni Aurilio

N° 1521 Sez. A



## Progetto

Nella presente relazione si illustra il dimensionamento di massima della fondazione della cabina shelter di futura installazione, avente massa complessiva pari a 30 tonnellate circa.

La struttura di fondazione sarà costituita da una platea in calcestruzzo di spessore 30 cm, avente dimensione in pianta idonea ad accogliere la struttura dello shelter, avente dimensioni di circa 13 x 3 m.

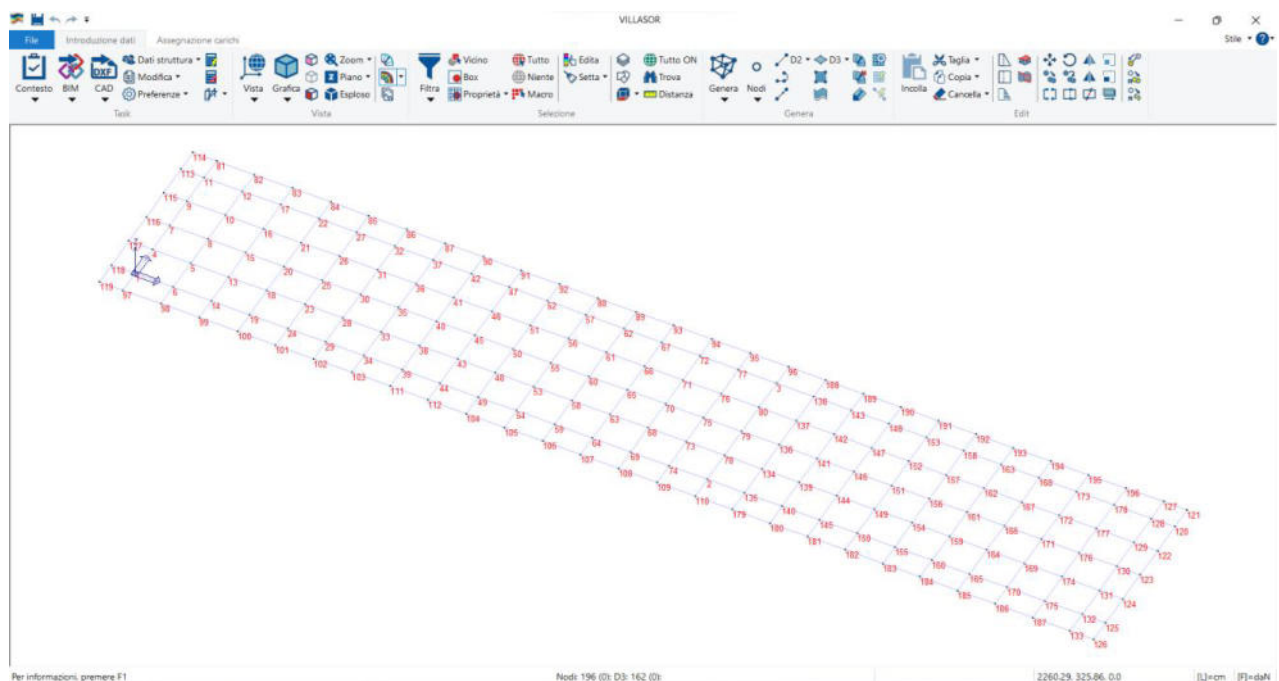
La platea in calcestruzzo C25/30 viene schematizzata come una piastra su suolo elastico alla winkler, la cui rigidità delle molle andrà confermata sulla base di un apposito studio geologico.

Il peso dello Shelter e della soprastante neve viene applicato in corrispondenza dei nodi della platea, ipotizzando lo schema del semplice appoggio mediante un elemento di base interposto tra la cabina e la soletta di fondazione.

Nel dimensionamento possono essere trascurate, in via preliminare, sia l'azione del vento che del sisma; tale assunzione è lecita poiché :

- L'azione del vento viene abbondantemente contrastata dal peso della cabina
- L'azione sismica è pressochè nulla essendo quasi nulla l'altezza della struttura rispetto al p.c.

La verifica della struttura di fondazione è stata effettuata allo SLU ed SLE .



I risultati ottenuti sono da ritenersi provvisori e da confermare tramite apposite analisi integrative (anche geologiche)

Contenuti della relazione:

RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE

- *Origine e Caratteristiche dei Codici di Calcolo*
- *Affidabilità dei codici utilizzati*
- *Validazione dei codici*

- *Tipo di analisi svolta*
- *Modalità di presentazione dei risultati*
- *Informazioni generali sull'elaborazione*
- *Giudizio motivato di accettabilità dei risultati*

#### STAMPA DEI DATI DI INGRESSO

- *Normative prese a riferimento*
- *Criteri adottati per le misure di sicurezza*
- *Criteri seguiti nella schematizzazione della struttura, dei vincoli e delle sconnessioni*
- *Interazione tra terreno e struttura*
- *Legami costitutivi adottati per la modellazione dei materiali e dei terreni*
- *Schematizzazione delle azioni, condizioni e combinazioni di carico*
- *Metodologie numeriche utilizzate per l'analisi strutturale*
- *Metodologie numeriche utilizzate per la progettazione e la verifica degli elementi strutturali*

#### STAMPA DEI RISULTATI

Il Progettista:



## LEGENDA TABELLA DATI MATERIALI

Il programma consente l'uso di materiali diversi. Sono previsti i seguenti tipi di materiale:

|   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | materiale tipo cemento armato |
| 2 | materiale tipo acciaio        |
| 3 | materiale tipo muratura       |
| 4 | materiale tipo legno          |
| 5 | materiale tipo generico       |

I materiali utilizzati nella modellazione sono individuati da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni materiale vengono riportati in tabella i seguenti dati:

|                            |                                                                                                                |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Young                      | modulo di elasticità normale E                                                                                 |
| Poisson                    | coefficiente di contrazione trasversale $\nu$                                                                  |
| G                          | modulo di elasticità tangenziale                                                                               |
| Gamma                      | peso specifico                                                                                                 |
| Alfa                       | coefficiente di dilatazione termica                                                                            |
| Fattore di confidenza FC m | Fattore di confidenza specifico per materiale; (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura) |
| Fattore di confidenza FC a | Fattore di confidenza specifico per l'armatura (è riportato solo se diverso da quello globale della struttura) |
| Elasto-plastico            | Materiale elastico perfettamente plastico per aste non lineari                                                 |
| Massima compressione       | Massima tensione di compressione per aste non lineari                                                          |
| Massima trazione           | Massima tensione di trazione per aste non lineari                                                              |
| Fattore attrito            | Coefficiente di attrito per aste non lineari                                                                   |
| Rapporto HRDb              | Rapporto di hardening a flessione                                                                              |
| Rapporto HRDv              | Rapporto di hardening a taglio                                                                                 |

I dati soprariportati vengono utilizzati per la modellazione dello schema statico e per la determinazione dei carichi inerziali e termici. In relazione al tipo di materiale vengono riportati inoltre:

|   |         |                           |                                                                                            |
|---|---------|---------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | c.a.    | Resistenza Rc             | resistenza a compressione cubica                                                           |
|   |         | Resistenza fctm           | resistenza media a trazione semplice                                                       |
|   |         | Coefficiente ksb          | Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block |
| 2 | acciaio | Tensione ft               | Valore della tensione di rottura                                                           |
|   |         | Tensione fy               | Valore della tensione di snervamento                                                       |
|   |         | Resistenza fd             | Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011                                                 |
|   |         | Resistenza fd (>40)       | Resistenza di calcolo per SL CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm                             |
|   |         | Tensione ammissibile      | Tensione ammissibile CNR-UNI 10011                                                         |
|   |         | Tensione ammissibile(>40) | Tensione ammissibile CNR-UNI 10011 per spessori > 40mm                                     |
| 3 | muratur |                           |                                                                                            |

|   |                       |                                                                                            |
|---|-----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| a | Muratura consolidata  | Muratura per la quale si prevedono interventi di rinforzo"                                 |
|   | Incremento resistenza | Incremento conseguito in termini di resistenza                                             |
|   | Incremento rigidezza  | Incremento conseguito in termini di rigidezza                                              |
|   | Resistenza f          | Valore della resistenza a compressione                                                     |
|   | Resistenza fv0        | Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali                            |
|   | Resistenza fh         | Valore della resistenza a compressione orizzontale                                         |
|   | Resistenza fb         | Valore della resistenza a compressione dei blocchi                                         |
|   | Resistenza fbh        | Valore della resistenza a compressione dei blocchi in direzione orizzontale                |
|   | Resistenza fv0h       | Valore della resistenza a taglio in assenza di tensioni normali per le travi               |
|   | Resistenza ft         | Valore della resistenza a trazione per fessurazione diagonale                              |
|   | Resistenza fvim       | Valore della massima resistenza a taglio                                                   |
|   | Resistenza fbt        | Valore della resistenza a trazione dei blocchi                                             |
|   | Coefficiente mu       | Coefficiente d'attrito utilizzato per la resistenza a taglio (tipicamente 0.4)             |
|   | Coefficiente fi       | Coefficiente d'ingranamento utilizzato per la resistenza a taglio                          |
|   | Coefficiente ksb      | Coefficiente di riduzione della resistenza a compressione da utilizzare nello stress block |
|   |                       |                                                                                            |
|   |                       |                                                                                            |
|   |                       |                                                                                            |
|   |                       |                                                                                            |
|   |                       |                                                                                            |
| 4 | legno                 |                                                                                            |
|   | E0,05                 | Modulo di elasticità corrispondente ad un frattile del 5%                                  |
|   | Resistenza fc0        | Valore della resistenza a compressione parallela                                           |
|   | Resistenza ft0        | Valore della resistenza a trazione parallela                                               |
|   | Resistenza fm         | Valore della resistenza a flessione                                                        |
|   | Resistenza fv         | Valore della resistenza a taglio                                                           |
|   | Resist. ft0k          | Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per trazione                          |
|   | Resist. fmk           | Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per flessione                         |
|   | Resist. fvk           | Resistenza caratteristica (tensione amm. per REGLES) per taglio                            |
|   | Modulo E0,05          | Modulo elastico parallelo caratteristico                                                   |
|   | Lamellare             | lamellare o massiccio                                                                      |

Nel tabulato si riportano sia i valori caratteristici che medi utilizzando gli uni e/o gli altri in relazione alle richieste di normativa ed alla tipologia di verifica. (Cap.7 NTC18 per materiali nuovi, Cap.8 NTC18 e relativa circolare 21/01/2019 per materiali esistenti, Linee Guida Reluis per incamiciatura CAM, CNR-DT 200 per interventi con FRP)

Vengono inoltre riportate le tabelle contenenti il riassunto delle informazioni assegnate nei criteri di progetto in uso.

| Id | Tipo / Note                | V. caratt. | V. medio | Young     | Poisson | G         | Gamma    | Alfa     | Altri    |
|----|----------------------------|------------|----------|-----------|---------|-----------|----------|----------|----------|
|    |                            | daN/cm2    | daN/cm2  | daN/cm2   |         | daN/cm2   | daN/cm3  |          |          |
| 1  | Calcestruzzo Classe C25/30 |            |          | 3.145e+05 | 0.20    | 1.310e+05 | 2.50e-03 | 1.00e-05 |          |
|    | Resistenza Rc              | 300.0      |          |           |         |           |          |          |          |
|    | Resistenza fctm            |            | 25.6     |           |         |           |          |          |          |
|    | Rapporto Rfessurata        |            |          |           |         |           |          |          | 1.00     |
|    | Coefficiente ksb           |            |          |           |         |           |          |          | 0.85     |
|    | Rapporto HRDb              |            |          |           |         |           |          |          | 1.00e-05 |
|    | Rapporto HRDv              |            |          |           |         |           |          |          | 1.00e-05 |

| Gusci c.a.                | 1/7/.. | 2/8/.. | 3/9/.. | 4/10/.. | 5/11/.. | 6/12/.. |
|---------------------------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|
| Armatura                  |        |        |        |         |         |         |
| Inclinazione Ax [ gradi ] | 0.0    | 0.0    |        |         |         |         |
| Angolo Ax-Ay [ gradi ]    | 90.00  | 90.00  |        |         |         |         |

| <b>Gusci c.a.</b>                    | <b>1/7/..</b> | <b>2/8/..</b> | <b>3/9/..</b> | <b>4/10/..</b> | <b>5/11/..</b> | <b>6/12/..</b> |
|--------------------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|
| Minima tesa                          | 0.31          | 1.000e-02     |               |                |                |                |
| Massima tesa                         | 0.78          | 0.78          |               |                |                |                |
| Maglia unica centrale                | NO            | NO            |               |                |                |                |
| Copriferro [ cm ]                    | 2.00          | 2.50          |               |                |                |                |
| <b>Maglia x</b>                      |               |               |               |                |                |                |
| diametro                             | 10            | 14            |               |                |                |                |
| passo                                | 20            | 18            |               |                |                |                |
| diametro aggiuntivi                  | 12            | 14            |               |                |                |                |
| <b>Maglia y</b>                      |               |               |               |                |                |                |
| diametro                             | 10            | 14            |               |                |                |                |
| passo                                | 20            | 18            |               |                |                |                |
| diametro aggiuntivi                  | 12            | 14            |               |                |                |                |
| <b>Stati limite ultimi</b>           |               |               |               |                |                |                |
| Tensione fy [daN/cm2 ]               | 4500.00       | 4500.00       |               |                |                |                |
| Tipo acciaio                         | tipo C        | tipo C        |               |                |                |                |
| Coefficiente gamma s                 | 1.15          | 1.15          |               |                |                |                |
| Coefficiente gamma c                 | 1.50          | 1.50          |               |                |                |                |
| Verifiche con N costante             | SI            | SI            |               |                |                |                |
| Applica SLU da DIN                   | NO            | NO            |               |                |                |                |
| <b>Tensioni ammissibili</b>          |               |               |               |                |                |                |
| Tensione amm. cls [daN/cm2 ]         | 97.50         | 97.50         |               |                |                |                |
| Tensione amm. acciaio [daN/cm2 ]     | 2600.00       | 2600.00       |               |                |                |                |
| Rapporto omogeneizzazione N          | 15.00         | 15.00         |               |                |                |                |
| Massimo rapporto area compressa/tesa | 1.00          | 1.00          |               |                |                |                |
| <b>Resistenza al fuoco</b>           |               |               |               |                |                |                |
| 3- intradosso                        | NO            | NO            |               |                |                |                |
| 3+ estradosso                        | NO            | NO            |               |                |                |                |
| Tempo di esposizione R               | 15            | 15            |               |                |                |                |

## LEGENDA TABELLA DATI NODI

Il programma utilizza per la modellazione nodi strutturali.

Ogni nodo è individuato dalle coordinate cartesiane nel sistema di riferimento globale (X Y Z).

Ad ogni nodo è eventualmente associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale, ed un set di sei molle (tre per le traslazioni, tre per le rotazioni). Le tabelle sottoriportate riflettono le succitate possibilità. In particolare per ogni nodo viene indicato in tabella:

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| <b>Nodo</b> | numero del nodo.          |
| <b>X</b>    | valore della coordinata X |
| <b>Y</b>    | valore della coordinata Y |
| <b>Z</b>    | valore della coordinata Z |

Per i nodi ai quali sia associato un codice di vincolamento rigido, un codice di fondazione speciale o un set di molle viene indicato in tabella:

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nodo</b>    | numero del nodo.                                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>X</b>       | valore della coordinata X                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Y</b>       | valore della coordinata Y                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Z</b>       | valore della coordinata Z                                                                                                                                                                                                                                                       |
| <b>Note</b>    | eventuale codice di vincolo (es. v=110010 sei valori relativi ai sei gradi di libertà previsti per il nodo TxTyTzRxRyRz, il valore 1 indica che lo spostamento o rotazione relativo è impedito, il valore 0 indica che lo spostamento o rotazione relativo è libero).           |
| <b>Note</b>    | (FS = 1, 2,...) eventuale codice del tipo di fondazione speciale (1, 2,... fanno riferimento alle tipologie: plinto, palo, plinto su pali,...) che è collegato al nodo.<br>(ISO = "id SIGLA") indice e sigla identificativa dell' eventuale isolatore sismico assegnato al nodo |
| <b>Rig. TX</b> | valore della rigidezza dei vincoli elastici eventualmente applicati al nodo, nello specifico TX (idem per TY, TZ, RX, RY, RZ).                                                                                                                                                  |

Per strutture sismicamente isolate viene inoltre inserita la tabella delle caratteristiche per gli isolatori utilizzati; le caratteristiche sono indicate in conformità al cap. 7.10 del D.M. 17/01/18

### TABELLA DATI NODI

| Nodo | X     | Y     | Z   | Nodo | X      | Y     | Z   | Nodo | X      | Y     | Z   |
|------|-------|-------|-----|------|--------|-------|-----|------|--------|-------|-----|
|      | cm    | cm    | cm  |      | cm     | cm    | cm  |      | cm     | cm    | cm  |
| 1    | 0.0   | 0.0   | 0.0 | 2    | 1220.0 | 0.0   | 0.0 | 3    | 1220.0 | 290.0 | 0.0 |
| 4    | 0.0   | 72.5  | 0.0 | 5    | 81.3   | 72.5  | 0.0 | 6    | 81.3   | 0.0   | 0.0 |
| 7    | 0.0   | 145.0 | 0.0 | 8    | 81.3   | 145.0 | 0.0 | 9    | 0.0    | 217.5 | 0.0 |
| 10   | 81.3  | 217.5 | 0.0 | 11   | 0.0    | 290.0 | 0.0 | 12   | 81.3   | 290.0 | 0.0 |
| 13   | 162.7 | 72.5  | 0.0 | 14   | 162.7  | 0.0   | 0.0 | 15   | 162.7  | 145.0 | 0.0 |
| 16   | 162.7 | 217.5 | 0.0 | 17   | 162.7  | 290.0 | 0.0 | 18   | 244.0  | 72.5  | 0.0 |
| 19   | 244.0 | 0.0   | 0.0 | 20   | 244.0  | 145.0 | 0.0 | 21   | 244.0  | 217.5 | 0.0 |
| 22   | 244.0 | 290.0 | 0.0 | 23   | 325.3  | 72.5  | 0.0 | 24   | 325.3  | 0.0   | 0.0 |
| 25   | 325.3 | 145.0 | 0.0 | 26   | 325.3  | 217.5 | 0.0 | 27   | 325.3  | 290.0 | 0.0 |
| 28   | 406.7 | 72.5  | 0.0 | 29   | 406.7  | 0.0   | 0.0 | 30   | 406.7  | 145.0 | 0.0 |
| 31   | 406.7 | 217.5 | 0.0 | 32   | 406.7  | 290.0 | 0.0 | 33   | 488.0  | 72.5  | 0.0 |
| 34   | 488.0 | 0.0   | 0.0 | 35   | 488.0  | 145.0 | 0.0 | 36   | 488.0  | 217.5 | 0.0 |
| 37   | 488.0 | 290.0 | 0.0 | 38   | 569.3  | 72.5  | 0.0 | 39   | 569.3  | 0.0   | 0.0 |
| 40   | 569.3 | 145.0 | 0.0 | 41   | 569.3  | 217.5 | 0.0 | 42   | 569.3  | 290.0 | 0.0 |
| 43   | 650.7 | 72.5  | 0.0 | 44   | 650.7  | 0.0   | 0.0 | 45   | 650.7  | 145.0 | 0.0 |
| 46   | 650.7 | 217.5 | 0.0 | 47   | 650.7  | 290.0 | 0.0 | 48   | 732.0  | 72.5  | 0.0 |
| 49   | 732.0 | 0.0   | 0.0 | 50   | 732.0  | 145.0 | 0.0 | 51   | 732.0  | 217.5 | 0.0 |
| 52   | 732.0 | 290.0 | 0.0 | 53   | 813.3  | 72.5  | 0.0 | 54   | 813.3  | 0.0   | 0.0 |
| 55   | 813.3 | 145.0 | 0.0 | 56   | 813.3  | 217.5 | 0.0 | 57   | 813.3  | 290.0 | 0.0 |
| 58   | 894.7 | 72.5  | 0.0 | 59   | 894.7  | 0.0   | 0.0 | 60   | 894.7  | 145.0 | 0.0 |
| 61   | 894.7 | 217.5 | 0.0 | 62   | 894.7  | 290.0 | 0.0 | 63   | 976.0  | 72.5  | 0.0 |
| 64   | 976.0 | 0.0   | 0.0 | 65   | 976.0  | 145.0 | 0.0 | 66   | 976.0  | 217.5 | 0.0 |
| 67   | 976.0 | 290.0 | 0.0 | 68   | 1057.3 | 72.5  | 0.0 | 69   | 1057.3 | 0.0   | 0.0 |

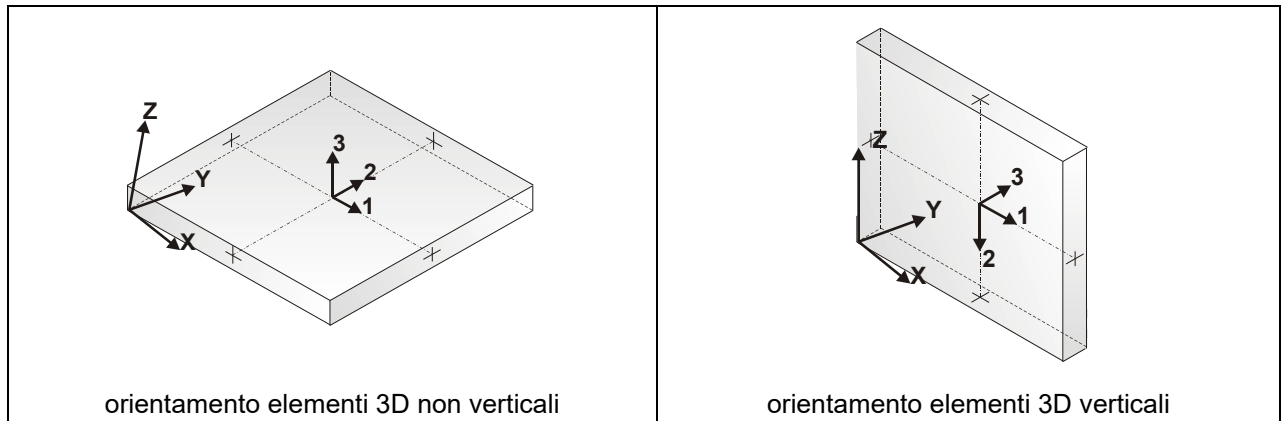
|     |        |       |     |     |        |       |     |     |        |       |     |
|-----|--------|-------|-----|-----|--------|-------|-----|-----|--------|-------|-----|
| 70  | 1057.3 | 145.0 | 0.0 | 71  | 1057.3 | 217.5 | 0.0 | 72  | 1057.3 | 290.0 | 0.0 |
| 73  | 1138.7 | 72.5  | 0.0 | 74  | 1138.7 | 0.0   | 0.0 | 75  | 1138.7 | 145.0 | 0.0 |
| 76  | 1138.7 | 217.5 | 0.0 | 77  | 1138.7 | 290.0 | 0.0 | 78  | 1220.0 | 72.5  | 0.0 |
| 79  | 1220.0 | 145.0 | 0.0 | 80  | 1220.0 | 217.5 | 0.0 | 81  | 0.0    | 340.0 | 0.0 |
| 82  | 81.3   | 340.0 | 0.0 | 83  | 162.7  | 340.0 | 0.0 | 84  | 244.0  | 340.0 | 0.0 |
| 85  | 325.3  | 340.0 | 0.0 | 86  | 406.7  | 340.0 | 0.0 | 87  | 488.0  | 340.0 | 0.0 |
| 88  | 813.3  | 340.0 | 0.0 | 89  | 894.7  | 340.0 | 0.0 | 90  | 569.3  | 340.0 | 0.0 |
| 91  | 650.7  | 340.0 | 0.0 | 92  | 732.0  | 340.0 | 0.0 | 93  | 976.0  | 340.0 | 0.0 |
| 94  | 1057.3 | 340.0 | 0.0 | 95  | 1138.7 | 340.0 | 0.0 | 96  | 1220.0 | 340.0 | 0.0 |
| 97  | 0.0    | -50.0 | 0.0 | 98  | 81.3   | -50.0 | 0.0 | 99  | 162.7  | -50.0 | 0.0 |
| 100 | 244.0  | -50.0 | 0.0 | 101 | 325.3  | -50.0 | 0.0 | 102 | 406.7  | -50.0 | 0.0 |
| 103 | 488.0  | -50.0 | 0.0 | 104 | 732.0  | -50.0 | 0.0 | 105 | 813.3  | -50.0 | 0.0 |
| 106 | 894.7  | -50.0 | 0.0 | 107 | 976.0  | -50.0 | 0.0 | 108 | 1057.3 | -50.0 | 0.0 |
| 109 | 1138.7 | -50.0 | 0.0 | 110 | 1220.0 | -50.0 | 0.0 | 111 | 569.3  | -50.0 | 0.0 |
| 112 | 650.7  | -50.0 | 0.0 | 113 | -50.0  | 290.0 | 0.0 | 114 | -50.0  | 340.0 | 0.0 |
| 115 | -50.0  | 217.5 | 0.0 | 116 | -50.0  | 145.0 | 0.0 | 117 | -50.0  | 72.5  | 0.0 |
| 118 | -50.0  | 0.0   | 0.0 | 119 | -50.0  | -50.0 | 0.0 | 120 | 1270.0 | 290.0 | 0.0 |
| 121 | 1270.0 | 340.0 | 0.0 | 122 | 1270.0 | 217.5 | 0.0 | 123 | 1270.0 | 145.0 | 0.0 |
| 124 | 1270.0 | 72.5  | 0.0 | 125 | 1270.0 | 0.0   | 0.0 | 126 | 1270.0 | -50.0 | 0.0 |

## LEGENDA TABELLA DATI SHELL

Il programma utilizza per la modellazione elementi a tre o quattro nodi denominati in generale shell.

Ogni elemento shell è individuato dai nodi I, J, K, L (L=I per gli elementi a tre nodi).

Ogni elemento è caratterizzato da un insieme di proprietà riportate in tabella che ne completano la modellazione.



In particolare per ogni elemento viene indicato in tabella:

|                         |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Elem.</b>            | numero dell'elemento                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Note</b>             | codice di comportamento:<br><i>Guscio</i> (elemento guscio in elevazione non verticale)<br><i>Guscio fond.</i> (elemento guscio su suolo elastico)<br><i>Setto</i> (elemento guscio in elevazione verticale)<br><i>Membrana</i> (elemento guscio con comportamento membranale) |
| <b>Nodo I (J, K, L)</b> | numero del nodo I (J, K, L)                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Mat.</b>             | codice del materiale assegnato all'elemento                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Spessore</b>         | spessore dell'elemento (costante)                                                                                                                                                                                                                                              |
| <b>Wink V</b>           | costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico verticale                                                                                                                                                                              |
| <b>Wink O</b>           | costante di sottofondo (coefficiente di Winkler) per la modellazione del suolo elastico orizzontale                                                                                                                                                                            |

| Elem. | Note         | Nodo I | Nodo J | Nodo K | Nodo L | Mat. | Crit. | Spessore<br>cm | Svincolo | Wink V<br>daN/cm3 | Wink O<br>daN/cm3 |
|-------|--------------|--------|--------|--------|--------|------|-------|----------------|----------|-------------------|-------------------|
| 1     | Guscio fond. | 1      | 6      | 5      | 4      | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 2     | Guscio fond. | 4      | 5      | 8      | 7      | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 3     | Guscio fond. | 7      | 8      | 10     | 9      | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 4     | Guscio fond. | 9      | 10     | 12     | 11     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 5     | Guscio fond. | 6      | 14     | 13     | 5      | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 6     | Guscio fond. | 5      | 13     | 15     | 8      | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 7     | Guscio fond. | 8      | 15     | 16     | 10     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 8     | Guscio fond. | 10     | 16     | 17     | 12     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 9     | Guscio fond. | 14     | 19     | 18     | 13     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 10    | Guscio fond. | 13     | 18     | 20     | 15     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 11    | Guscio fond. | 15     | 20     | 21     | 16     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 12    | Guscio fond. | 16     | 21     | 22     | 17     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 13    | Guscio fond. | 19     | 24     | 23     | 18     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 14    | Guscio fond. | 18     | 23     | 25     | 20     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 15    | Guscio fond. | 20     | 25     | 26     | 21     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 16    | Guscio fond. | 21     | 26     | 27     | 22     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 17    | Guscio fond. | 24     | 29     | 28     | 23     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 18    | Guscio fond. | 23     | 28     | 30     | 25     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 19    | Guscio fond. | 25     | 30     | 31     | 26     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 20    | Guscio fond. | 26     | 31     | 32     | 27     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 21    | Guscio fond. | 29     | 34     | 33     | 28     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 22    | Guscio fond. | 28     | 33     | 35     | 30     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 23    | Guscio fond. | 30     | 35     | 36     | 31     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 24    | Guscio fond. | 31     | 36     | 37     | 32     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 25    | Guscio fond. | 34     | 39     | 38     | 33     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 26    | Guscio fond. | 33     | 38     | 40     | 35     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 27    | Guscio fond. | 35     | 40     | 41     | 36     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 28    | Guscio fond. | 36     | 41     | 42     | 37     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 29    | Guscio fond. | 39     | 44     | 43     | 38     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 30    | Guscio fond. | 38     | 43     | 45     | 40     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 31    | Guscio fond. | 40     | 45     | 46     | 41     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 32    | Guscio fond. | 41     | 46     | 47     | 42     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 33    | Guscio fond. | 44     | 49     | 48     | 43     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 34    | Guscio fond. | 43     | 48     | 50     | 45     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 35    | Guscio fond. | 45     | 50     | 51     | 46     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 36    | Guscio fond. | 46     | 51     | 52     | 47     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.03              | 1000.00           |
| 37    | Guscio fond. | 49     | 54     | 53     | 48     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 38    | Guscio fond. | 48     | 53     | 55     | 50     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 39    | Guscio fond. | 50     | 55     | 56     | 51     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 40    | Guscio fond. | 51     | 56     | 57     | 52     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 41    | Guscio fond. | 54     | 59     | 58     | 53     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 42    | Guscio fond. | 53     | 58     | 60     | 55     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 43    | Guscio fond. | 55     | 60     | 61     | 56     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 44    | Guscio fond. | 56     | 61     | 62     | 57     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 45    | Guscio fond. | 59     | 64     | 63     | 58     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 46    | Guscio fond. | 58     | 63     | 65     | 60     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 47    | Guscio fond. | 60     | 65     | 66     | 61     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 48    | Guscio fond. | 61     | 66     | 67     | 62     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 49    | Guscio fond. | 64     | 69     | 68     | 63     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 50    | Guscio fond. | 63     | 68     | 70     | 65     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 51    | Guscio fond. | 65     | 70     | 71     | 66     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 52    | Guscio fond. | 66     | 71     | 72     | 67     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 53    | Guscio fond. | 69     | 74     | 73     | 68     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 54    | Guscio fond. | 68     | 73     | 75     | 70     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 55    | Guscio fond. | 70     | 75     | 76     | 71     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 56    | Guscio fond. | 71     | 76     | 77     | 72     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 57    | Guscio fond. | 74     | 2      | 78     | 73     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 58    | Guscio fond. | 73     | 78     | 79     | 75     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 59    | Guscio fond. | 75     | 79     | 80     | 76     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 60    | Guscio fond. | 76     | 80     | 3      | 77     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 61    | Guscio fond. | 11     | 12     | 82     | 81     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 62    | Guscio fond. | 12     | 17     | 83     | 82     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 63    | Guscio fond. | 17     | 22     | 84     | 83     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 64    | Guscio fond. | 22     | 27     | 85     | 84     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 65    | Guscio fond. | 27     | 32     | 86     | 85     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 66    | Guscio fond. | 32     | 37     | 87     | 86     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 67    | Guscio fond. | 52     | 57     | 88     | 92     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 68    | Guscio fond. | 57     | 62     | 89     | 88     | 1    | 2     | 30.0           |          | 0.07              | 1000.00           |
| 69    | Guscio fond. | 62     | 67     | 93     | 89     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 70    | Guscio fond. | 67     | 72     | 94     | 93     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 71    | Guscio fond. | 72     | 77     | 95     | 94     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |
| 72    | Guscio fond. | 77     | 3      | 96     | 95     | 1    | 2     | 30.0           |          | 1.00              | 1.00              |

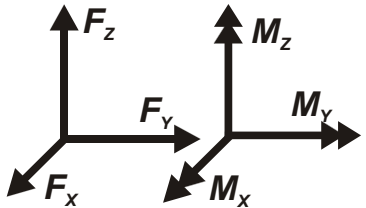
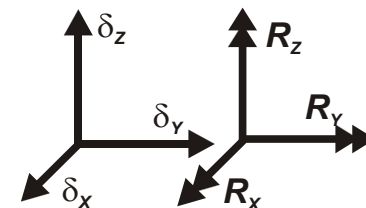
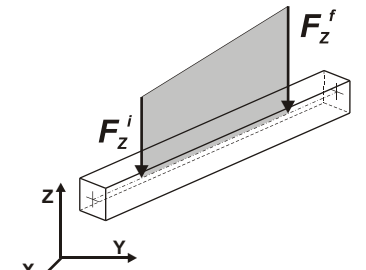
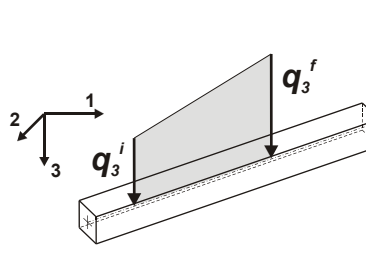
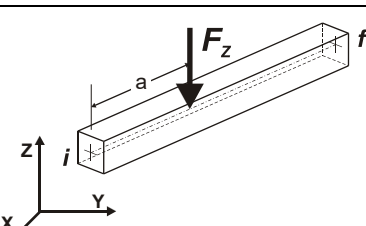
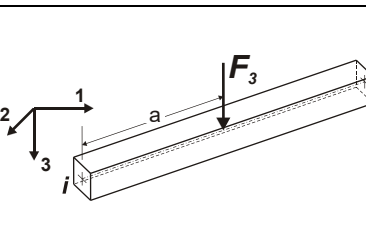
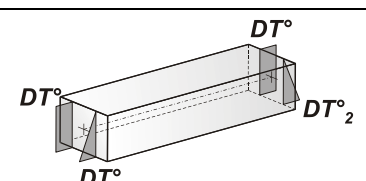
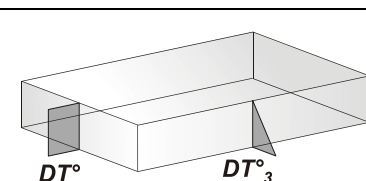


|                 |     |     |     |     |   |   |      |      |         |
|-----------------|-----|-----|-----|-----|---|---|------|------|---------|
| 73Guscio fond.  | 37  | 42  | 90  | 87  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 74Guscio fond.  | 42  | 47  | 91  | 90  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 75Guscio fond.  | 47  | 52  | 92  | 91  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 76Guscio fond.  | 97  | 98  | 6   | 1   | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 77Guscio fond.  | 98  | 99  | 14  | 6   | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 78Guscio fond.  | 99  | 100 | 19  | 14  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 79Guscio fond.  | 100 | 101 | 24  | 19  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 80Guscio fond.  | 101 | 102 | 29  | 24  | 1 | 2 | 30.0 | 0.07 | 1000.00 |
| 81Guscio fond.  | 102 | 103 | 34  | 29  | 1 | 2 | 30.0 | 0.07 | 1000.00 |
| 82Guscio fond.  | 104 | 105 | 54  | 49  | 1 | 2 | 30.0 | 0.07 | 1000.00 |
| 83Guscio fond.  | 105 | 106 | 59  | 54  | 1 | 2 | 30.0 | 0.07 | 1000.00 |
| 84Guscio fond.  | 106 | 107 | 64  | 59  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 85Guscio fond.  | 107 | 108 | 69  | 64  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 86Guscio fond.  | 108 | 109 | 74  | 69  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 87Guscio fond.  | 109 | 110 | 2   | 74  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 88Guscio fond.  | 103 | 111 | 39  | 34  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 89Guscio fond.  | 111 | 112 | 44  | 39  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 90Guscio fond.  | 112 | 104 | 49  | 44  | 1 | 2 | 30.0 | 0.03 | 1000.00 |
| 91Guscio fond.  | 113 | 11  | 81  | 114 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 92Guscio fond.  | 115 | 9   | 11  | 113 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 93Guscio fond.  | 116 | 7   | 9   | 115 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 94Guscio fond.  | 117 | 4   | 7   | 116 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 95Guscio fond.  | 118 | 1   | 4   | 117 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 96Guscio fond.  | 119 | 97  | 1   | 118 | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 97Guscio fond.  | 3   | 120 | 121 | 96  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 98Guscio fond.  | 80  | 122 | 120 | 3   | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 99Guscio fond.  | 79  | 123 | 122 | 80  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 100Guscio fond. | 78  | 124 | 123 | 79  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 101Guscio fond. | 2   | 125 | 124 | 78  | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |
| 102Guscio fond. | 110 | 126 | 125 | 2   | 1 | 2 | 30.0 | 1.00 | 1.00    |

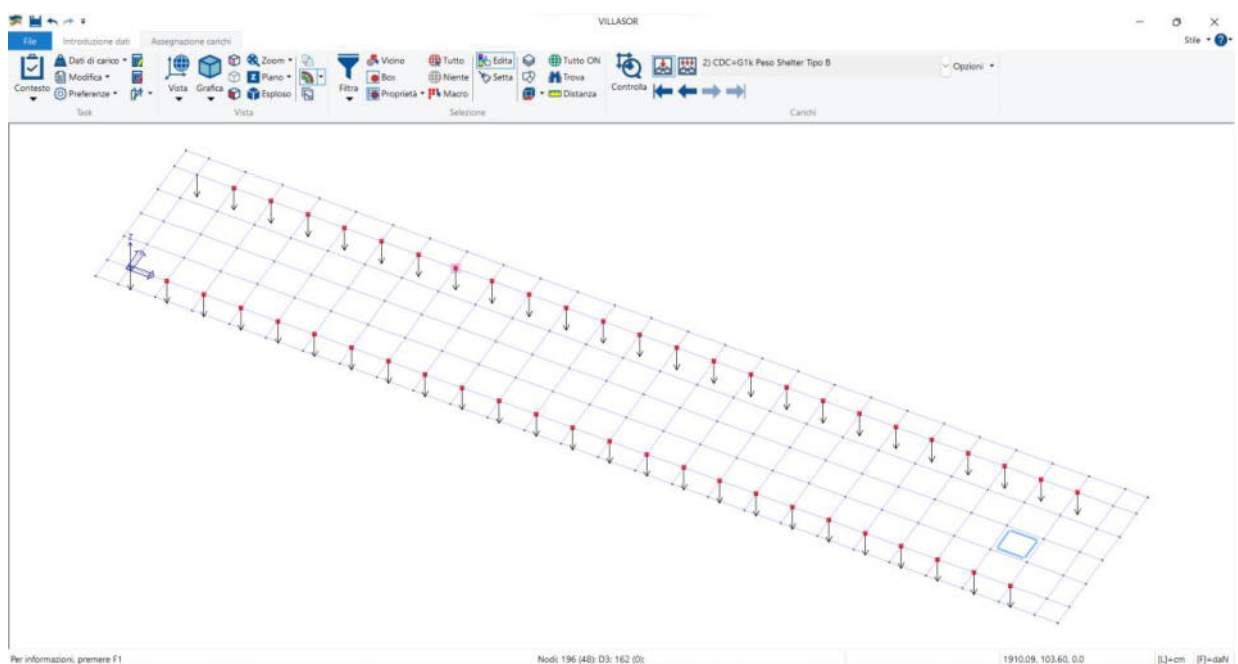
## LEGENDA TABELLA DATI AZIONI

Il programma consente l'uso di diverse tipologie di carico (azioni). Le azioni utilizzate nella modellazione sono individuate da una sigla identificativa ed un codice numerico (gli elementi strutturali richiamano quest'ultimo nella propria descrizione). Per ogni azione applicata alla struttura viene di riportato il codice, il tipo e la sigla identificativa. Le tabelle successive dettagliano i valori caratteristici di ogni azione in relazione al tipo. Le tabelle riportano infatti i seguenti dati in relazione al tipo:

|           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>1</b>  | <b>carico concentrato nodale</b><br>6 dati (forza $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , momento $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ )                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>2</b>  | <b>spostamento nodale impresso</b><br>6 dati (spostamento $T_x$ , $T_y$ , $T_z$ , rotazione $R_x$ , $R_y$ , $R_z$ )                                                                                                                                                                                                           |
| <b>3</b>  | <b>carico distribuito globale su elemento tipo trave</b><br>7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di inizio carico)<br>7 dati ( $f_x$ , $f_y$ , $f_z$ , $m_x$ , $m_y$ , $m_z$ , ascissa di fine carico)                                                                                            |
| <b>4</b>  | <b>carico distribuito locale su elemento tipo trave</b><br>7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di inizio carico)<br>7 dati ( $f_1$ , $f_2$ , $f_3$ , $m_1$ , $m_2$ , $m_3$ , ascissa di fine carico)                                                                                             |
| <b>5</b>  | <b>carico concentrato globale su elemento tipo trave</b><br>7 dati ( $F_x$ , $F_y$ , $F_z$ , $M_x$ , $M_y$ , $M_z$ , ascissa di carico)                                                                                                                                                                                       |
| <b>6</b>  | <b>carico concentrato locale su elemento tipo trave</b><br>7 dati ( $F_1$ , $F_2$ , $F_3$ , $M_1$ , $M_2$ , $M_3$ , ascissa di carico)                                                                                                                                                                                        |
| <b>7</b>  | <b>variazione termica applicata ad elemento tipo trave</b><br>7 dati (variazioni termiche: uniforme, media e differenza in altezza e larghezza al nodo iniziale e finale)                                                                                                                                                     |
| <b>8</b>  | <b>carico di pressione uniforme su elemento tipo piastra</b><br>1 dato (pressione)                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>9</b>  | <b>carico di pressione variabile su elemento tipo piastra</b><br>4 dati (pressione, quota, pressione, quota)                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>10</b> | <b>variazione termica applicata ad elemento tipo piastra</b><br>2 dati (variazioni termiche: media e differenza nello spessore)                                                                                                                                                                                               |
| <b>11</b> | <b>carico variabile generale su elementi tipo trave e piastra</b><br>1 dato descrizione della tipologia<br>4 dati per segmento (posizione, valore, posizione, valore)<br>la tipologia precisa l'ascissa di definizione, la direzione del carico, la modalità di carico e la larghezza d'influenza per gli elementi tipo trave |
| <b>12</b> | <b>gruppo di carichi con impronta su piastra</b><br>9 dati (numero di ripetizioni in direzione X e Y, valore di ciascun carico, posizione centrale del primo, dimensioni dell'impronta, interasse tra i carichi)                                                                                                              |

|                                                                                    |                            |                                                                                     |                           |
|------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
|   | Carico concentrato nodale  |   | Spostamento impresso      |
|   | Carico distribuito globale |   | Carico distribuito locale |
|   | Carico concentrato globale |   | Carico concentrato locale |
|  | Carico termico 2D          |  | Carico termico 3D         |

| Tipo carico concentrato nodale |                                     |     |     |          |        |        |        |
|--------------------------------|-------------------------------------|-----|-----|----------|--------|--------|--------|
| Id                             | Tipo                                | Fx  | Fy  | Fz       | Mx     | My     | Mz     |
|                                |                                     | daN | daN | daN      | daN cm | daN cm | daN cm |
| 1                              | Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-750.00 | 0.0 | 0.0 | -1000.00 | 0.0    | 0.0    | 0.0    |



## LEGENDA TABELLA CASI DI CARICO

Il programma consente l'applicazione di diverse tipologie di casi di carico.

Sono previsti i seguenti 11 tipi di casi di carico:

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

Sono di tipo automatico A (ossia non prevedono introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico: 1-Ggk; 4-Gsk; 5-Qsk; 6-Qnk.

Sono di tipo semi-automatico SA (ossia prevedono una minima introduzione dati da parte dell'utente) i seguenti casi di carico:

7-Qtk, in quanto richiede solo il valore della variazione termica;

9-Esk e 10-Edk, in quanto richiedono il valore dell'angolo di ingresso del sisma e l'individuazione dei casi di carico partecipanti alla definizione delle masse.

Sono di tipo non automatico NA ossia prevedono la diretta applicazione di carichi generici agli elementi strutturali (si veda il precedente punto Modellazione delle Azioni) i restanti casi di carico.

Nella tabella successiva vengono riportati i casi di carico agenti sulla struttura, con l'indicazione dei dati relativi al caso di carico stesso:

*Numero Tipo e Sigla identificativa, Valore di riferimento del caso di carico (se previsto).*

In successione, per i casi di carico non automatici, viene riportato l'elenco di nodi ed elementi direttamente caricati con la sigla identificativa del carico.

Per i casi di carico di tipo sismico (9-Esk e 10-Edk), viene riportata la tabella di definizione delle masse: per ogni caso di carico partecipante alla definizione delle masse viene indicata la relativa aliquota (partecipazione) considerata. Si precisa che per i caso di carico 5-Qsk e 6-Qnk la partecipazione è prevista localmente per ogni elemento solaio o copertura presente nel modello (si confronti il valore Sksol nel capitolo relativo agli elementi solaio) e pertanto la loro partecipazione è di norma pari a uno.

| <b>CDC</b> | <b>Tipo</b> | <b>Sigla Id</b>                        | <b>Note</b>                                                   |
|------------|-------------|----------------------------------------|---------------------------------------------------------------|
| 1          | Ggk         | CDC=Ggk (peso proprio della struttura) |                                                               |
| 2          | Gk          | CDC=G1k Peso Shelter Tipo B            | Azioni applicate:                                             |
|            |             |                                        | Nodo:da 1 a 3 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00   |
|            |             |                                        | Nodo: 6 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00         |
|            |             |                                        | Nodo:da 11 a 12 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|            |             |                                        | Nodo: 14 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00        |
|            |             |                                        | Nodo: 17 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00        |
|            |             |                                        | Nodo: 19 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00        |

| CDC | Tipo | Sigla Id | Note                                                   |
|-----|------|----------|--------------------------------------------------------|
|     |      |          | Nodo: 22 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 24 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 27 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 29 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 32 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 34 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 37 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 39 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 42 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 44 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 47 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 49 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 52 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 54 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 57 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 59 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 62 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 64 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 67 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 69 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 72 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 74 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |
|     |      |          | Nodo: 77 Azione : Peso Shelter 30 tonn.-CN:Fz=-1000.00 |

## LEGENDA RISULTATI OPERE DI FONDAZIONE

Il controllo dei risultati delle analisi condotte, per quanto concerne le opere di fondazione, è possibile in relazione alle tabelle sotto riportate.

La prima tabella è riferita alle fondazioni tipo palo e plinto su pali.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le sei componenti di sollecitazione (esprese nel riferimento globale della struttura) per ogni palo componente l'opera.

In particolare viene riportato:

|              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Nodo</b>  | numero del nodo a cui è applicato il plinto                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Tipo</b>  | codice corrispondente al nome assegnato al tipo di plinto di fondazione:<br>3) palo singolo ( <i>PALO</i> )<br>4) plinto su palo<br>5) plinto su due pali ( <i>PL.2P</i> )<br>6) plinto su tre pali ( <i>PL.3P</i> )<br>7) plinto su quattro pali ( <i>PL.4P</i> )<br>8) plinto rettangolare su cinque pali ( <i>PL.5P.R</i> )<br>9) plinto pentagonale su cinque pali ( <i>PL.5P</i> )<br>10) plinto su sei pali ( <i>PL.6P</i> ) |
| <b>Palo</b>  | numero del palo                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Comb.</b> | combinazione di carico in cui si verificano le sei componenti di sollecitazione.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Quota</b> | quota assoluta della sezione del palo per cui si riportano le sei componenti di sollecitazione.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

L'azione  $F_z$  ( corrispondente allo sforzo normale nel palo) è costante poiché il peso del palo stesso non è considerato nella modellazione.

La seconda tabella è riferita alle fondazioni tipo plinto su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni nei quattro vertici dell'impronta sul terreno.

In particolare viene riportato:

|                           |                                                                |
|---------------------------|----------------------------------------------------------------|
| <b>Nodo</b>               | numero del nodo a cui è applicato il plinto                    |
| <b>Tipo</b>               | Codice identificativo del nome assegnato al plinto             |
| <b>area</b>               | area dell'impronta del plinto                                  |
| <b>Wink O      Wink V</b> | coefficienti di Winkler (orizzontale e verticale) adottati     |
| <b>Comb</b>               | Combinazione di carico in cui si verificano i valori riportati |
| <b>Pt (P1 P2 P3 P4)</b>   | valori di pressione nei vertici                                |

La terza tabella è riferita alle fondazioni tipo platea su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni in ogni vertice (nodo) degli elementi costituenti la platea.

La quarta tabella è riferita alle fondazioni tipo trave su suolo elastico.

Per questo tipo di fondazione vengono riportate le pressioni alle estremità dell'elemento e la massima (in valore assoluto) pressione lungo lo sviluppo dell'elemento.

Vengono inoltre riportati, con funzione statistica, i valori massimo e minimo delle pressioni che compaiono nella tabella.

| <b>Nodo (G)</b> | <b>Pt 1/12</b><br>daN/cm2 | <b>Pt 2/13</b><br>daN/cm2 | <b>Pt 3...</b><br>daN/cm2 | <b>Pt 4...</b><br>daN/cm2 | daN/cm2 |
|-----------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------|
| 1               | -0.09                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07   |
| 2               | -0.09                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07   |
| 3               | -0.09                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07                     | -0.07   |
| 4               | -0.08                     | -0.06                     | -0.06                     | -0.06                     | -0.06   |

|    |       |       |       |       |       |
|----|-------|-------|-------|-------|-------|
| 5  | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 6  | -0.20 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 7  | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 8  | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 9  | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 10 | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 11 | -0.09 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 |
| 12 | -0.20 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 13 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 14 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 15 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 16 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 17 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 18 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 19 | -0.45 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 20 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 21 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 22 | -0.45 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 23 | -0.58 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 24 | -0.59 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 25 | -0.58 | -0.44 | -0.44 | -0.44 | -0.44 |
| 26 | -0.58 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 27 | -0.59 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 28 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 29 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 30 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 31 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 32 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 33 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 34 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 35 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 36 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 37 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 38 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 39 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 40 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 41 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 42 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 43 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 44 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 45 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 46 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 47 | -0.03 | -0.02 | -0.02 | -0.02 | -0.02 |
| 48 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 49 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 50 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 51 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 52 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 53 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 54 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 55 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 56 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 57 | -0.05 | -0.04 | -0.04 | -0.04 | -0.04 |
| 58 | -0.58 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 59 | -0.59 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 60 | -0.58 | -0.44 | -0.44 | -0.44 | -0.44 |
| 61 | -0.58 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 62 | -0.59 | -0.45 | -0.45 | -0.45 | -0.45 |
| 63 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 64 | -0.45 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 65 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 66 | -0.44 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 67 | -0.45 | -0.34 | -0.34 | -0.34 | -0.34 |
| 68 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 69 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 70 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 71 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 72 | -0.31 | -0.24 | -0.24 | -0.24 | -0.24 |
| 73 | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 74 | -0.20 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 75 | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 76 | -0.19 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 77 | -0.20 | -0.15 | -0.15 | -0.15 | -0.15 |
| 78 | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 79 | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 80 | -0.08 | -0.06 | -0.06 | -0.06 | -0.06 |
| 81 | -0.09 | -0.07 | -0.07 | -0.07 | -0.07 |

|     |       |           |           |           |           |
|-----|-------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 82  | -0.20 | -0.15     | -0.15     | -0.15     | -0.15     |
| 83  | -0.32 | -0.24     | -0.24     | -0.24     | -0.24     |
| 84  | -0.45 | -0.35     | -0.35     | -0.35     | -0.35     |
| 85  | -0.59 | -0.46     | -0.46     | -0.46     | -0.46     |
| 86  | -0.05 | -0.04     | -0.04     | -0.04     | -0.04     |
| 87  | -0.06 | -0.05     | -0.05     | -0.05     | -0.05     |
| 88  | -0.05 | -0.04     | -0.04     | -0.04     | -0.04     |
| 89  | -0.59 | -0.46     | -0.46     | -0.46     | -0.46     |
| 90  | -0.03 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 91  | -0.03 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 92  | -0.06 | -0.05     | -0.05     | -0.05     | -0.05     |
| 93  | -0.45 | -0.35     | -0.35     | -0.35     | -0.35     |
| 94  | -0.32 | -0.24     | -0.24     | -0.24     | -0.24     |
| 95  | -0.20 | -0.15     | -0.15     | -0.15     | -0.15     |
| 96  | -0.09 | -0.07     | -0.07     | -0.07     | -0.07     |
| 97  | -0.09 | -0.07     | -0.07     | -0.07     | -0.07     |
| 98  | -0.20 | -0.15     | -0.15     | -0.15     | -0.15     |
| 99  | -0.32 | -0.24     | -0.24     | -0.24     | -0.24     |
| 100 | -0.45 | -0.35     | -0.35     | -0.35     | -0.35     |
| 101 | -0.59 | -0.46     | -0.46     | -0.46     | -0.46     |
| 102 | -0.05 | -0.04     | -0.04     | -0.04     | -0.04     |
| 103 | -0.06 | -0.05     | -0.05     | -0.05     | -0.05     |
| 104 | -0.06 | -0.05     | -0.05     | -0.05     | -0.05     |
| 105 | -0.05 | -0.04     | -0.04     | -0.04     | -0.04     |
| 106 | -0.59 | -0.46     | -0.46     | -0.46     | -0.46     |
| 107 | -0.45 | -0.35     | -0.35     | -0.35     | -0.35     |
| 108 | -0.32 | -0.24     | -0.24     | -0.24     | -0.24     |
| 109 | -0.20 | -0.15     | -0.15     | -0.15     | -0.15     |
| 110 | -0.09 | -0.07     | -0.07     | -0.07     | -0.07     |
| 111 | -0.03 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 112 | -0.03 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 113 | -0.02 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 114 | -0.02 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 115 | -0.01 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 116 | -0.01 | -8.70e-03 | -8.70e-03 | -8.70e-03 | -8.70e-03 |
| 117 | -0.01 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 118 | -0.02 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 119 | -0.02 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 120 | -0.02 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 121 | -0.02 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |
| 122 | -0.01 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 123 | -0.01 | -8.70e-03 | -8.70e-03 | -8.70e-03 | -8.70e-03 |
| 124 | -0.01 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 125 | -0.02 | -0.01     | -0.01     | -0.01     | -0.01     |
| 126 | -0.02 | -0.02     | -0.02     | -0.02     | -0.02     |

|                 |                |                |                |                |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| <b>Nodo (G)</b> | <b>Pt 1/12</b> | <b>Pt 2/13</b> | <b>Pt 3...</b> | <b>Pt 4...</b> |
|                 | -0.59          |                |                |                |
|                 | -8.70e-03      |                |                |                |



## LEGENDA TABELLA VERIFICHE ELEMENTI PARETE E GUSCIO IN C.A.

Per le pareti in c.a., in ottemperanza al cap. 7 del DM 17-01-18, viene effettuata una doppia progettazione: sia come *Singolo Elemento* sia come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata*.

Per la progettazione come *Singolo Elemento* di ogni elemento vengono riportati il codice dello stato di verifica con le sigle **Ok e NV**, il rapporto  $x/d$ , la verifica per sollecitazioni ultime (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti), gli sforzi membranali e flessionali, il quantitativo di armatura nella direzione principale e secondaria sia inferiore che superiore e il quantitativo di armatura a taglio.

Per la progettazione come *Parete Sismica* o *Parete Debolmente Armata* vengono riportate invece le caratteristiche geometriche della parete e delle zone dissipative (quest'ultime solo nel caso di parete sismica), i coefficienti di verifica a compressione assiale, pressoflessione e sollecitazioni taglianti.

Inoltre vengono riportate per ogni quota significativa l'armatura principale e secondaria, l'armatura in zona confinata (solo per parete sismica) e non confinata, l'armatura concentrata all'estremità (per pareti debolmente armate), lo sforzo assiale aggiuntivo per  $q$  superiore a 2 e i valori di involuppo di taglio e momento. Per le pareti debolmente armate viene riportato anche lo stato di verifica relativo alla snellezza.

Le azioni derivate dall'analisi, in ogni combinazione di calcolo, sono elaborate come previsto al punto 7.4.4.5.1: traslazione del momento, incremento e variazione diagramma taglio, incremento e decremento sforzo assiale

La progettazione nel caso dei gusci viene effettuata una progettazione come *Singolo Elemento*, riportando in tabella il rapporto  $x/d$ , la verifica per sollecitazioni ultime, (verifica a compressione media gli sforzi membranali, verifica a presso-flessionale e verifica a sollecitazioni taglianti) di ogni elemento.

Per ogni elemento, viene riportata inoltre la maglia di armatura necessaria in relazione alle risultanze della progettazione dei nodi dell'elemento stesso. Le quantità di armature necessarie sono armature (disposte rispettivamente in direzione principale e secondaria, inferiore e superiore) distribuite nell'elemento ed espresse in centimetri quadri per sviluppo lineare pari ad un metro.

Nel caso dei gusci viene effettuata, inoltre, la verifica a punzonamento, riportando in tabella il codice dello stato di verifica, il coefficiente di verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente e lungo il perimetro del pilastro, coefficiente di incremento dovuto ai momenti flettenti, fattore di amplificazione per le fondazioni, il fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta, il quantitativo di armatura a punzonamento, il numero di serie di armature, il numero di braccia di armatura ed il riferimento alla combinazione più gravosa.

### Simbologia adottata nelle tabelle di verifica

Per gli elementi con progettazione "*Singolo Elemento ...*" è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

|               |                                                                                                               |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Macro Guscio  | Numero del macroelemento di tipo guscio (elementi non verticali contigui ed analoghi per proprietà)           |
| Macro Setto   | Numero del macroelemento di tipo setto (elementi verticali contigui ed analoghi per proprietà)                |
| Spessore      | Spessore della parete                                                                                         |
| Id Materiale  | Codice del materiale assegnato all'elemento                                                                   |
| Id Criterio   | Codice del criterio di progetto assegnato all'elemento                                                        |
| Progettazione | Sigla tipo di Elemento: - Singolo Elemento; - Singolo Elemento FONDAZIONE; - Singolo Elemento NON DISSIPATIVO |

Per gli elementi con progettazione “*Parete Sismica o Parete Debolmente Armata*” è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

|                    |                                                                                                                                      |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Parete             | Numero della PARETE SISMICA                                                                                                          |
| Parete PDA         | Numero della PARETE DEBOLMENTE ARMATA                                                                                                |
| H totale           | Altezza complessiva della parete                                                                                                     |
| Spessore           | Spessore della parete                                                                                                                |
| H critica          | Altezza come da punto 7.4.4.5.1 per traslazione momento (solo in Parete Sismica)                                                     |
| H critica V        | Altezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)                                                                              |
| L totale           | Larghezza di base della parete                                                                                                       |
| L confinata        | Lunghezza della zona dissipativa (solo in Parete Sismica)                                                                            |
| Verif. N           | Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 compressione semplice                                                                             |
| Verif. N-M         | Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 pressoflessione                                                                                   |
| Fattore V          | Fattore di amplificazione del taglio di cui al punto 7.4.4.5.1                                                                       |
| Diagramma V        | Diagramma elaborato per effetto modi superiori come da fig. 7.4.4                                                                    |
| Verif. V           | Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 taglio (compressione cls, trazione acciaio, scorrimento in zona critica) (solo in Parete Sismica) |
| Verifica Snellezza | Verifica di cui al punto 7.4.4.5.1 limitazione compressione per prevenire l'instabilità (solo in Parete Debolmente Armata)           |
| Prog. composta     | Sigla per la progettazione composta                                                                                                  |

Per le verifiche degli elementi con progettazione “*Singolo Elemento ...*” e *Progettazione Composta* è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

|           |                                                                                                                                                            |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nodo      | numero del nodo                                                                                                                                            |
| Stato     | codice di verifica dell'elemento <b>ok</b> o <b>NV</b>                                                                                                     |
| x/d       | rapporto tra posizione dell'asse neutro e altezza utile alla rottura della sezione (per sola flessione)                                                    |
| V N/M     | Verifica delle sollecitazioni Normali (momento e sforzo normale)                                                                                           |
| Ver. rid  | Rapporto Nd/Nu (Nu ottenuto con riduzione del 25% di fcd)                                                                                                  |
| Af pr+    | quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo) |
| Af pr-    | quantità di armatura richiesta in direzione principale relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo) |
| Af sec+   | quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia positiva (estradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo) |
| Af sec-   | quantità di armatura richiesta in direzione secondaria relativa alla faccia negativa (intradosso piastre) (valore derivante da calcolo o minimo normativo) |
| Nz No Nzo | Sforzi membranali per pareti e/o setti verticali                                                                                                           |
| Mz Mo Mzo | Sforzi flessionali per pareti e/o setti verticali                                                                                                          |
| Nx Ny Nxy | Sforzi membranali per gusci orizzontali                                                                                                                    |
| Mx My Mxy | Sforzi flessionali per gusci orizzontali                                                                                                                   |

|           |                                                                |
|-----------|----------------------------------------------------------------|
| Nodo      | numero del nodo                                                |
| Stato     | codice di verifica dell'elemento <b>ok</b> o <b>NV</b>         |
| Max tau   | Tensione tangenziale Massima                                   |
| Ver V pr  | Verifica a taglio nella direzione principale lato calcestruzzo |
| Ver V sec | Verifica a taglio nella direzione secondaria lato calcestruzzo |
| Af V pr   | Armatura nella direzione principale                            |
| V pr-     | Verifica dell'armatura nella direzione principale              |
| Af V sec  | Armatura nella direzione secondaria                            |
| V sec-    | Verifica dell'armatura nella direzione secondaria              |

Per le verifiche degli elementi con progettazione “*Parete Sismica o Parete Debolmente Armata*”, oltre alla tabella con le verifiche per gli elementi con progettazione “*Singolo Elemento ...*”, è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

|                 |                                                                                                                                     |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quota           | Ascissa verticale di riferimento                                                                                                    |
| Af conf.        | Numero e diametro armatura presente in una zona confinata                                                                           |
| Af std          | Diametro e passo armatura in zona non confinata (doppia maglia)                                                                     |
| Af estremi      | Diametro dei ferri di estremità del pannello; se posto uguale 0, viene utilizzato il diametro standard                              |
| Af V (ori)      | Diametro e passo armatura orizzontale (doppia maglia)                                                                               |
| Ver. N          | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a compressione (normalizzato a 1 in quanto da confrontare con 40% in CDB e 35 % in CDA) |
| Ver. N/M        | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a pressoflessione                                                                       |
| Ver. V acc(7)   | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione per alfaS minore di 2 secondo paragrafo 7.4.4.5.1                     |
| Ver. V cls      | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-compressione                                                                   |
| Ver. V acc      | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio-trazione                                                                       |
| Ver. V scorr.   | Rapporto tra azione di calcolo e resistenza a taglio scorrimento                                                                    |
| N add           | Sforzo assiale di cui al punto 7.4.4.5.1 da sommare e sottrarre nelle verifiche quando q supera 2                                   |
| N invil M invil | Inviluppo del Momento e Sforzo Normale come al punto 7.4.4.5.1 (informativo) (solo in Parete Sismica)                               |

|                                     |                                                                                                                               |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Quota                               | Ascissa verticale di riferimento                                                                                              |
| N v.N                               | Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore                                                          |
| N v.M/N, M v.M/N                    | Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore                                              |
| N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N           | Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate) |
| N v.Vcls, V v.Vcls,                 | Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore                                            |
| N v.Vacc, M v.Vacc, V v.Vacc,       | Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. acc attinge il massimo valore                                   |
| N v.Vscorr, M v.Vscorr, V v.Vscorr, | Valore dello sforzo assiale, momento e taglio per cui Ver. V. scorr.e attinge il massimo valore                               |
| N v.N                               | Valore dello sforzo assiale per cui Ver. N attinge il massimo valore                                                          |
| N v.M/N, M v.M/N                    | Valore dello sforzo assiale e momento per cui Ver. N/M attinge il massimo valore                                              |
| N v.M/N, M v.M/N Mo v.M/N           | Valore dello sforzo assiale e dei momenti per cui Ver. N/M attinge il massimo valore (per le pareti estese debolmente armate) |
| N v.Vcls, V v.Vcls,                 | Valore dello sforzo assiale e taglio per cui Ver. V. cls attinge il massimo valore                                            |

|           |                                                                         |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------|
| Quota     | Ascissa verticale di riferimento                                        |
| CtgT Vcls | Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V compressione cls          |
| Vrsd Vcls | Valore della resistenza a taglio trazione (armatura di calcolo)         |
| Vrcd Vcls | Valore della resistenza a taglio compressione                           |
| CtgT Vacc | Valore di ctg(teta) adottato nella verifica V trazione armatura         |
| Vrsd Vacc | Valore della resistenza a taglio trazione (armatura presente)           |
| Vrcd Vacc | Valore della resistenza a taglio compressione                           |
| Vdd       | Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.20] |
| Vid       | Valore del contributo alla resistenza allo scorrimento come da [7.4.21] |
| A s.i.    | Somma delle aree di armature                                            |
| Incli.    | Angolo di inclinazione delle armature                                   |
| Dist.     | Distanza alla base tra le armature inclinate                            |

|           |                                                                                     |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Quota     | Ascissa verticale di riferimento                                                    |
| V[7.4.16] | Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.16)                        |
| N M V     | Sollecitazioni di calcolo della condizione più gravosa                              |
| Alfas     | Rapporto di Taglio                                                                  |
| Vrd,c     | Resistenza a taglio degli elementi non armati                                       |
| VRd,s     | Resistenza a taglio nei confronti dello scorrimento                                 |
| V[7.4.17] | Verifica a taglio-trazione dell'armatura dell'anima (7.4.17)                        |
| roH       | Rapporto tra l'armatura orizzontale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo |
| roV       | Rapporto tra l'armatura verticale e l'area della sezione relativa di calcestruzzo   |
| roN       | Sforzo normale adimensionalizzato Ned/(bw fyd)                                      |

Per la verifica a **Punzonamento** è presente una tabella con i simboli di seguito descritti:

|            |                                                                                                                                          |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nodo       | numero del nodo                                                                                                                          |
| Stato      | codice di verifica dell'elemento <b>ok</b> o <b>NV</b>                                                                                   |
| V. 6.47    | Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro resistente U1                             |
| V. 6.53    | Fattore di sicurezza per la verifica per piastre prive di armature a taglio lungo il perimetro del pilastro U0                           |
| Beta       | Fattore di incremento dovuto ai momenti flettenti                                                                                        |
| f. a fon   | fattore di amplificazione per le fondazioni (solo per gusci di fondazione)                                                               |
| f. Uout    | fattore di amplificazione dell'altezza utile per individuare il perimetro di verifica lungo il quale l'armatura a taglio non è richiesta |
| Aw tot     | Quantitativo di armatura per la verifica di piastre munite di armatura (formula 6.52 dell'EC2)                                           |
| Asw,min    | Quantitativo minimo di armatura previsto dai dettagli costruttivi (formula 9.11 dell'EC2)                                                |
| n. x serie | Numero di serie di armature                                                                                                              |
| n.ser 0(R) | Numero di braccia delle armatura in direzione 0 (o numero di braccia radiale)                                                            |
| n.ser 90   | Numero di braccia delle armatura in direzione 90 (solo se armatura cruciforme)                                                           |
| Rif. cmb   | Riferimento combinazioni da cui si generano le verifiche più gravose                                                                     |

## PROGETTAZIONE DELLE FONDAZIONI

Il D.M.17/01/2018 - par: 7.2.5 prevede:

“Sia per CD“A” sia per CD“B” il dimensionamento delle strutture di fondazione e la verifica di sicurezza del complesso fondazione-terreno devono essere eseguiti assumendo come azione in fondazione, trasmessa dagli elementi soprastanti, una tra le seguenti:

- quella derivante dall'analisi strutturale eseguita ipotizzando comportamento strutturale non dissipativo;
- [...];
- quella trasferita dagli elementi soprastanti nell'ipotesi di comportamento strutturale dissipativo, amplificata di un coefficiente pari a 1,30 in CD“A” e 1,10 in CD“B”;

Nel contesto visualizzazione risultati e nella stampa della relazione sulle fondazioni PRO\_SAP mostra le sollecitazioni che derivano dall'analisi non incrementate sia in termini di pressioni sul terreno che in termini di sollecitazioni.

La progettazione degli elementi strutturali con proprietà fondazione è effettuata da PRO\_SAP (per travi e platee) o da PRO\_CAD Plinti (per plinti e pali di fondazione) incrementando le sollecitazioni delle combinazioni con sisma di un coefficiente pari 1.1 in CDB e 1.3 in CDA per pali, plinti, travi e platee.

Per i bicchieri dei plinti di fondazione prefabbricati l'incremento delle sollecitazioni ha un fattore pari a 1.2 in CDB e 1.35 in CDA.

N.B.: nel caso di comportamento strutturale non dissipativo la progettazione viene effettuata senza nessun incremento.

Le verifiche geotecniche vengono effettuate dal modulo geotecnico incrementando automaticamente le sollecitazioni del fattore 1.1 in CDB e 1.3 in CDA per pali, plinti, travi e platee.

N.B.: nel caso di comportamento strutturale non dissipativo le verifiche geotecniche vengono effettuate senza nessun incremento.

| Macro Guscio | Spessore | Id Materiale | Id Criterio | Progettazione    |
|--------------|----------|--------------|-------------|------------------|
|              | cm       |              |             |                  |
| 1            | 30.00    | 1            | 2           | Singolo elemento |

| Nodo | Stato | x/d  | V N/M    | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N x<br>daN/cm | N y<br>daN/cm | N xy<br>daN/cm | M x<br>daN | M y<br>daN | M xy<br>daN |
|------|-------|------|----------|----------|--------|--------|---------|---------|---------------|---------------|----------------|------------|------------|-------------|
| 1    | ok    | 0.12 | 2.60e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -67.6      | -192.3     | 68.6        |
| 2    | ok    | 0.12 | 2.60e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -67.6      | -192.3     | -68.6       |
| 3    | ok    | 0.12 | 2.60e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -67.6      | -192.3     | 68.6        |
| 4    | ok    | 0.12 | 5.89e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 219.2      | 504.3      | -10.4       |
| 5    | ok    | 0.12 | 0.1      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 929.4      | 625.0      | -35.5       |
| 6    | ok    | 0.12 | 9.77e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 836.3      | -45.8      | 33.9        |
| 7    | ok    | 0.12 | 7.69e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 195.3      | 659.1      | -4.1        |
| 8    | ok    | 0.12 | 0.1      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 955.3      | 839.0      | -6.2        |
| 9    | ok    | 0.12 | 5.89e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 219.2      | 504.3      | 10.4        |
| 10   | ok    | 0.12 | 0.1      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 929.4      | 625.0      | 35.5        |
| 11   | ok    | 0.12 | 2.60e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -67.6      | -192.3     | -68.6       |
| 12   | ok    | 0.12 | 9.77e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 836.3      | -45.8      | -33.9       |
| 13   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1604.5     | 801.2      | -77.7       |
| 14   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1565.7     | 47.0       | -87.0       |
| 15   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1627.2     | 1042.9     | -10.1       |
| 16   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1604.5     | 801.2      | 77.7        |
| 17   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1565.7     | 47.0       | 87.0        |
| 18   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1418.9     | 880.1      | -138.4      |
| 19   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1402.5     | 98.3       | -297.8      |
| 20   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1446.1     | 1127.8     | 21.1        |
| 21   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1418.9     | 880.1      | 138.4       |
| 22   | ok    | 0.12 | 0.2      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | 1402.5     | 98.3       | 297.8       |
| 23   | ok    | 0.12 | 8.41e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -473.6     | 687.1      | -166.5      |
| 24   | ok    | 0.12 | 9.83e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -561.5     | -41.6      | -474.7      |
| 25   | ok    | 0.12 | 0.1      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -430.3     | 924.3      | 13.0        |
| 26   | ok    | 0.12 | 8.41e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -473.6     | 687.1      | 166.5       |
| 27   | ok    | 0.12 | 9.83e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -561.5     | -41.6      | 474.7       |
| 28   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3212.0    | 377.0      | -155.8      |
| 29   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3404.6    | -229.9     | -463.5      |
| 30   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3164.6    | 565.5      | 7.0         |
| 31   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3212.0    | 377.0      | 155.8       |
| 32   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3404.6    | -229.9     | 463.5       |
| 33   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5119.0    | 203.7      | -115.2      |
| 34   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5335.1    | -257.6     | -356.1      |
| 35   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5056.1    | 359.1      | 4.2         |
| 36   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5119.0    | 203.7      | 115.2       |
| 37   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5335.1    | -257.6     | 356.1       |
| 38   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6121.3    | 117.3      | -44.7       |
| 39   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6364.1    | -297.5     | -143.1      |
| 40   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6051.8    | 256.4      | 4.0         |
| 41   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6121.3    | 117.3      | 44.7        |
| 42   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6364.1    | -297.5     | 143.1       |
| 43   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6121.3    | 117.3      | 44.7        |
| 44   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6364.1    | -297.5     | 143.1       |
| 45   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6051.8    | 256.4      | -4.0        |
| 46   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6121.3    | 117.3      | -44.7       |
| 47   | ok    | 0.12 | 0.7      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -6364.1    | -297.5     | -143.1      |
| 48   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5118.9    | 203.7      | 115.2       |
| 49   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5335.1    | -257.6     | 356.1       |
| 50   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5056.1    | 359.1      | -4.2        |
| 51   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5118.9    | 203.7      | -115.2      |
| 52   | ok    | 0.12 | 0.6      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -5335.1    | -257.6     | -356.1      |
| 53   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3212.0    | 377.0      | 155.8       |
| 54   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3404.6    | -229.9     | 463.5       |
| 55   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3164.6    | 565.5      | -7.0        |
| 56   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3212.0    | 377.0      | -155.8      |
| 57   | ok    | 0.12 | 0.4      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -3404.6    | -229.9     | -463.5      |
| 58   | ok    | 0.12 | 8.41e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -473.6     | 687.1      | 166.5       |
| 59   | ok    | 0.12 | 9.83e-02 | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -561.5     | -41.6      | 474.7       |
| 60   | ok    | 0.12 | 0.1      | 0.0      | 8.6    | 8.6    | 8.6     | 8.6     | 0.0           | 0.0           | 0.0            | -430.3     | 924.3      | -13.0       |

|     |    |      |          |     |     |     |     |     |     |     |     |         |        |        |
|-----|----|------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|--------|--------|
| 61  | ok | 0.12 | 8.41e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -473.6  | 687.1  | -166.5 |
| 62  | ok | 0.12 | 9.83e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -561.5  | -41.6  | -474.7 |
| 63  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1418.9  | 880.1  | 138.4  |
| 64  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1402.5  | 98.3   | 297.8  |
| 65  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1446.1  | 1127.8 | -21.1  |
| 66  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1418.9  | 880.1  | -138.4 |
| 67  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1402.5  | 98.3   | -297.8 |
| 68  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1604.5  | 801.2  | 77.7   |
| 69  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1565.7  | 47.0   | 87.0   |
| 70  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1627.2  | 1042.9 | 10.1   |
| 71  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1604.5  | 801.2  | -77.7  |
| 72  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1565.7  | 47.0   | -87.0  |
| 73  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 929.4   | 625.0  | 35.5   |
| 74  | ok | 0.12 | 9.77e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 836.3   | -45.8  | -33.9  |
| 75  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 955.3   | 839.0  | 6.2    |
| 76  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 929.4   | 625.0  | -35.5  |
| 77  | ok | 0.12 | 9.77e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 836.3   | -45.8  | 33.9   |
| 78  | ok | 0.12 | 5.89e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 219.2   | 504.3  | 10.4   |
| 79  | ok | 0.12 | 7.69e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 195.3   | 659.1  | 4.1    |
| 80  | ok | 0.12 | 5.89e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 219.2   | 504.3  | -10.4  |
| 81  | ok | 0.12 | 1.40e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 106.6   | 66.1   | -26.9  |
| 82  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 861.7   | -30.7  | -54.6  |
| 83  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1620.3  | -3.8   | 94.2   |
| 84  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1464.4  | -89.8  | 264.5  |
| 85  | ok | 0.12 | 8.33e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -508.5  | -92.1  | 357.3  |
| 86  | ok | 0.12 | 0.4      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -3373.1 | 89.1   | 317.3  |
| 87  | ok | 0.12 | 0.6      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5360.2 | 44.3   | 222.5  |
| 88  | ok | 0.12 | 0.4      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -3373.1 | 89.1   | -317.3 |
| 89  | ok | 0.12 | 8.33e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -508.5  | -92.1  | -357.3 |
| 90  | ok | 0.12 | 0.7      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6401.3 | 45.3   | 89.1   |
| 91  | ok | 0.12 | 0.7      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6401.3 | 45.3   | -89.1  |
| 92  | ok | 0.12 | 0.6      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5360.2 | 44.3   | -222.5 |
| 93  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1464.4  | -89.8  | -264.5 |
| 94  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1620.3  | -3.8   | -94.2  |
| 95  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 861.7   | -30.7  | 54.6   |
| 96  | ok | 0.12 | 1.40e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 106.6   | 66.1   | 26.9   |
| 97  | ok | 0.12 | 1.40e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 106.6   | 66.1   | 26.9   |
| 98  | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 861.7   | -30.7  | 54.6   |
| 99  | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1620.3  | -3.8   | -94.2  |
| 100 | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1464.4  | -89.8  | -264.5 |
| 101 | ok | 0.12 | 8.33e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -508.5  | -92.1  | -357.3 |
| 102 | ok | 0.12 | 0.4      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -3373.1 | 89.1   | -317.3 |
| 103 | ok | 0.12 | 0.6      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5360.2 | 44.3   | -222.5 |
| 104 | ok | 0.12 | 0.6      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5360.2 | 44.3   | 222.5  |
| 105 | ok | 0.12 | 0.4      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -3373.1 | 89.1   | 317.3  |
| 106 | ok | 0.12 | 8.33e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -508.5  | -92.1  | 357.3  |
| 107 | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1464.4  | -89.8  | 264.5  |
| 108 | ok | 0.12 | 0.2      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1620.3  | -3.8   | 94.2   |
| 109 | ok | 0.12 | 0.1      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 861.7   | -30.7  | -54.6  |
| 110 | ok | 0.12 | 1.40e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 106.6   | 66.1   | -26.9  |
| 111 | ok | 0.12 | 0.7      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6401.3 | 45.3   | -89.1  |
| 112 | ok | 0.12 | 0.7      | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -6401.3 | 45.3   | 89.1   |
| 113 | ok | 0.12 | 8.30e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.0    | -47.9  | -3.9   |
| 114 | ok | 0.12 | 8.53e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -49.1   | -22.7  | -34.8  |
| 115 | ok | 0.12 | 5.06e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.4    | 432.5  | -26.9  |
| 116 | ok | 0.12 | 7.08e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -16.7   | 606.5  | 16.5   |
| 117 | ok | 0.12 | 5.06e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.4    | 432.5  | 26.9   |
| 118 | ok | 0.12 | 8.30e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.0    | -47.9  | 3.9    |
| 119 | ok | 0.12 | 8.53e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -49.1   | -22.7  | 34.8   |
| 120 | ok | 0.12 | 8.30e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.0    | -47.9  | 3.9    |
| 121 | ok | 0.12 | 8.53e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -49.1   | -22.7  | 34.8   |
| 122 | ok | 0.12 | 5.06e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.4    | 432.5  | 26.9   |
| 123 | ok | 0.12 | 7.08e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -16.7   | 606.5  | -16.5  |
| 124 | ok | 0.12 | 5.06e-02 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -5.4    | 432.5  | -26.9  |
| 125 | ok | 0.12 | 8.30e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 71.0    | -47.9  | -3.9   |
| 126 | ok | 0.12 | 8.53e-03 | 0.0 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -49.1   | -22.7  | -34.8  |

| Nodo | x/d  | V N/M | ver. rid | Af pr- | Af pr+ | Af sec- | Af sec+ | N x | N y | N xy | M x      | M y     | M xy    |
|------|------|-------|----------|--------|--------|---------|---------|-----|-----|------|----------|---------|---------|
|      |      |       |          |        |        |         |         | 0.0 | 0.0 | 0.0  | -6401.31 | -297.55 | -474.74 |
|      | 0.12 | 0.75  | 0.0      | 8.55   | 8.55   | 8.55    | 8.55    | 0.0 | 0.0 | 0.0  | 1627.18  | 1127.75 | 474.74  |

| Nodo | Stato | Max tau<br>daN/cm2 | Ver V pr | Ver V sec | Af V pr | Af V sec | V pr<br>daN/cm | V sec<br>daN/cm |
|------|-------|--------------------|----------|-----------|---------|----------|----------------|-----------------|
| 1    | ok    | 0.41               |          |           |         |          |                |                 |
| 2    | ok    | 0.41               |          |           |         |          |                |                 |

|    |    |      |
|----|----|------|
| 3  | ok | 0.41 |
| 4  | ok | 0.41 |
| 5  | ok | 0.41 |
| 6  | ok | 0.41 |
| 7  | ok | 0.36 |
| 8  | ok | 0.36 |
| 9  | ok | 0.41 |
| 10 | ok | 0.41 |
| 11 | ok | 0.41 |
| 12 | ok | 0.41 |
| 13 | ok | 0.41 |
| 14 | ok | 0.41 |
| 15 | ok | 0.32 |
| 16 | ok | 0.41 |
| 17 | ok | 0.41 |
| 18 | ok | 0.82 |
| 19 | ok | 0.83 |
| 20 | ok | 0.79 |
| 21 | ok | 0.82 |
| 22 | ok | 0.83 |
| 23 | ok | 1.14 |
| 24 | ok | 1.20 |
| 25 | ok | 1.14 |
| 26 | ok | 1.14 |
| 27 | ok | 1.20 |
| 28 | ok | 1.14 |
| 29 | ok | 1.20 |
| 30 | ok | 1.14 |
| 31 | ok | 1.14 |
| 32 | ok | 1.20 |
| 33 | ok | 0.83 |
| 34 | ok | 0.85 |
| 35 | ok | 0.81 |
| 36 | ok | 0.83 |
| 37 | ok | 0.85 |
| 38 | ok | 0.47 |
| 39 | ok | 0.47 |
| 40 | ok | 0.43 |
| 41 | ok | 0.47 |
| 42 | ok | 0.47 |
| 43 | ok | 0.47 |
| 44 | ok | 0.47 |
| 45 | ok | 0.43 |
| 46 | ok | 0.47 |
| 47 | ok | 0.47 |
| 48 | ok | 0.83 |
| 49 | ok | 0.85 |
| 50 | ok | 0.81 |
| 51 | ok | 0.83 |
| 52 | ok | 0.85 |
| 53 | ok | 1.14 |
| 54 | ok | 1.20 |
| 55 | ok | 1.14 |
| 56 | ok | 1.14 |
| 57 | ok | 1.20 |
| 58 | ok | 1.14 |
| 59 | ok | 1.20 |
| 60 | ok | 1.14 |
| 61 | ok | 1.14 |
| 62 | ok | 1.20 |
| 63 | ok | 0.82 |
| 64 | ok | 0.83 |
| 65 | ok | 0.79 |
| 66 | ok | 0.82 |
| 67 | ok | 0.83 |
| 68 | ok | 0.41 |
| 69 | ok | 0.41 |
| 70 | ok | 0.32 |
| 71 | ok | 0.41 |
| 72 | ok | 0.41 |
| 73 | ok | 0.41 |
| 74 | ok | 0.41 |
| 75 | ok | 0.36 |
| 76 | ok | 0.41 |
| 77 | ok | 0.41 |
| 78 | ok | 0.41 |
| 79 | ok | 0.36 |

| 80   | ok | 0.41            |          |           |         |          |      |       |
|------|----|-----------------|----------|-----------|---------|----------|------|-------|
| 81   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 82   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 83   | ok | 0.28            |          |           |         |          |      |       |
| 84   | ok | 0.83            |          |           |         |          |      |       |
| 85   | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 86   | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 87   | ok | 0.85            |          |           |         |          |      |       |
| 88   | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 89   | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 90   | ok | 0.45            |          |           |         |          |      |       |
| 91   | ok | 0.45            |          |           |         |          |      |       |
| 92   | ok | 0.85            |          |           |         |          |      |       |
| 93   | ok | 0.83            |          |           |         |          |      |       |
| 94   | ok | 0.28            |          |           |         |          |      |       |
| 95   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 96   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 97   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 98   | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 99   | ok | 0.28            |          |           |         |          |      |       |
| 100  | ok | 0.83            |          |           |         |          |      |       |
| 101  | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 102  | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 103  | ok | 0.85            |          |           |         |          |      |       |
| 104  | ok | 0.85            |          |           |         |          |      |       |
| 105  | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 106  | ok | 1.20            |          |           |         |          |      |       |
| 107  | ok | 0.83            |          |           |         |          |      |       |
| 108  | ok | 0.28            |          |           |         |          |      |       |
| 109  | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 110  | ok | 0.32            |          |           |         |          |      |       |
| 111  | ok | 0.45            |          |           |         |          |      |       |
| 112  | ok | 0.45            |          |           |         |          |      |       |
| 113  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 114  | ok | 0.06            |          |           |         |          |      |       |
| 115  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 116  | ok | 0.15            |          |           |         |          |      |       |
| 117  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 118  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 119  | ok | 0.06            |          |           |         |          |      |       |
| 120  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 121  | ok | 0.06            |          |           |         |          |      |       |
| 122  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 123  | ok | 0.15            |          |           |         |          |      |       |
| 124  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 125  | ok | 0.26            |          |           |         |          |      |       |
| 126  | ok | 0.06            |          |           |         |          |      |       |
| Nodo |    | Max tau<br>1.20 | Ver V pr | Ver V sec | Af V pr | Af V sec | V pr | V sec |



## LEGENDA TABELLA STATI LIMITE D' ESERCIZIO

In tabella vengono riportati i valori di interesse per il controllo degli stati limite d'esercizio.

In particolare vengono riportati, in relazione al tipo di elemento strutturale, i risultati relativi alle tre categorie di combinazione considerate:

- Combinazioni rare
- Combinazioni frequenti
- Combinazioni quasi permanenti.

I valori di interesse sono i seguenti:

|              |                                                                                                                                |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>rRfck</b> | rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni rare<br>[normalizzato a 1]             |
| <b>rRfyk</b> | rapporto tra la massima tensione nell'acciaio e la tensione fyk in combinazioni rare<br>[normalizzato a 1]                     |
| <b>rPfck</b> | rapporto tra la massima compressione nel calcestruzzo e la tensione fck in combinazioni quasi permanenti<br>[normalizzato a 1] |
| <b>wR</b>    | apertura caratteristica delle fessure in combinazioni rare<br>[mm]                                                             |
| <b>wF</b>    | apertura caratteristica delle fessure in combinazioni frequenti<br>[mm]                                                        |
| <b>wP</b>    | apertura caratteristica delle fessure in combinazioni quasi permanenti<br>[mm]                                                 |
| <b>dR</b>    | massima deformazione in combinazioni rare                                                                                      |
| <b>dF</b>    | massima deformazione in combinazioni frequenti                                                                                 |
| <b>dP</b>    | massima deformazione in combinazioni quasi permanenti                                                                          |

Per ognuno dei nove valori soprariportati viene indicata (Rif.cmb) la combinazione in cui si è verificato.

In relazione al tipo di elemento strutturale i valori sono selezionati nel modo seguente:

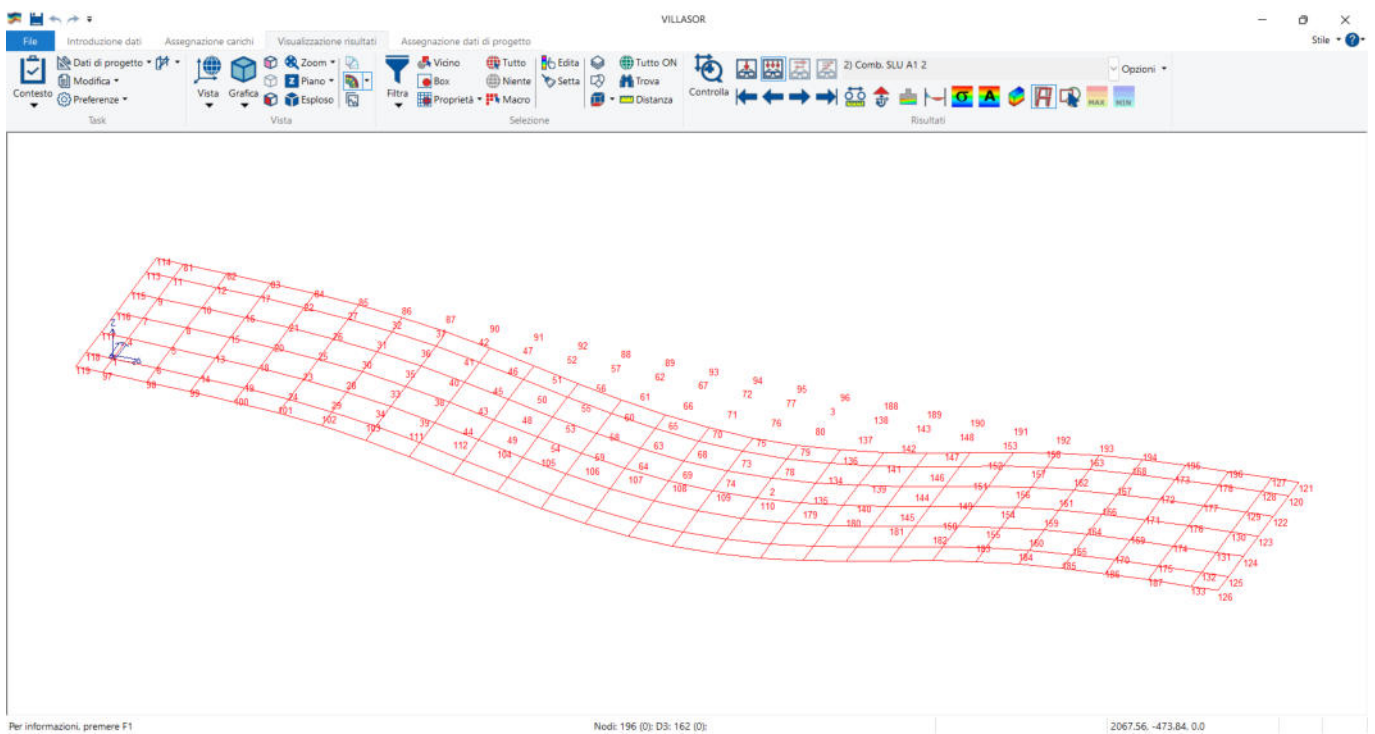
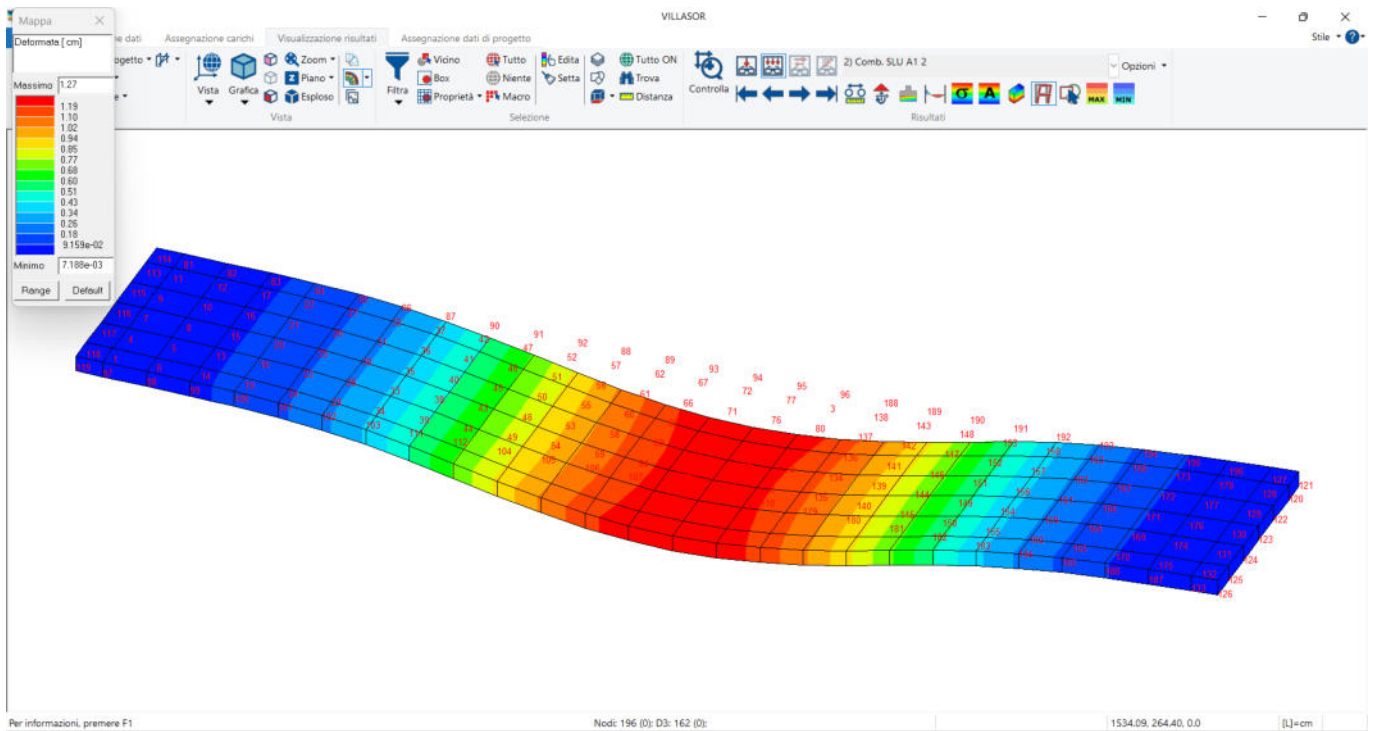
|               |              |              |              |                                |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------------------------|
| pilastr       | <b>rRfck</b> | <b>rRfyk</b> | <b>rPfck</b> | per sezioni significative      |
| travi         | <b>rRfck</b> | <b>rRfyk</b> | <b>rPfck</b> | per sezioni significative      |
|               | <b>wR</b>    | <b>wF</b>    | <b>wP</b>    | per sezioni significative      |
|               | <b>dR</b>    | <b>dF</b>    | <b>dP</b>    | massimi in campata             |
|               |              |              |              |                                |
| setti e gusci | <b>rRfck</b> | <b>rRfyk</b> | <b>rPfck</b> | massimi nei nodi dell'elemento |
|               | <b>wR</b>    | <b>wF</b>    | <b>wP</b>    | massimi nei nodi dell'elemento |

Si precisa che i valori di massima deformazione per travi sono riferiti al piano verticale (piano locale 1-2 con momenti flettenti 3-3).

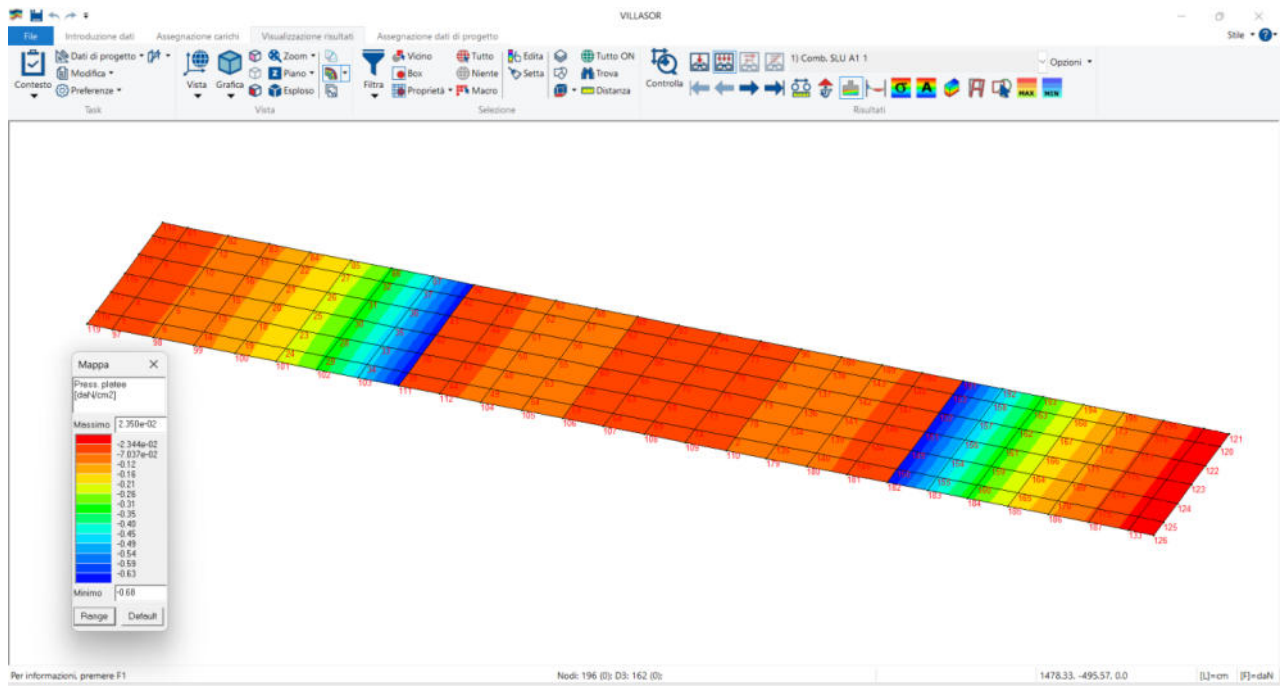
| Guscio | rRfck | rRfyk | rPfck | Rif. cmb | wR        | wF        | wP        | Rif. cmb |
|--------|-------|-------|-------|----------|-----------|-----------|-----------|----------|
| 1      | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | mm<br>0.0 | mm<br>0.0 | mm<br>0.0 | 0,0,0    |
| 2      | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 3      | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 4      | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 5      | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 6      | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 7      | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 8      | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 9      | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 10     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 11     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 12     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 13     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 14     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 15     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 16     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 17     | 0.18  | 0.35  | 0.24  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 18     | 0.17  | 0.33  | 0.23  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 19     | 0.17  | 0.33  | 0.23  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 20     | 0.18  | 0.35  | 0.24  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 21     | 0.28  | 0.54  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 22     | 0.27  | 0.52  | 0.36  | 3,3,5    | 0.17      | 0.17      | 0.17      | 3,4,5    |
| 23     | 0.27  | 0.52  | 0.36  | 3,3,5    | 0.17      | 0.17      | 0.17      | 3,4,5    |
| 24     | 0.28  | 0.54  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 25     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 26     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 27     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 28     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 29     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 30     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 31     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 32     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 33     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 34     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 35     | 0.33  | 0.63  | 0.44  | 3,3,5    | 0.20      | 0.22      | 0.22      | 3,4,5    |
| 36     | 0.34  | 0.65  | 0.45  | 3,3,5    | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5    |
| 37     | 0.28  | 0.54  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 38     | 0.27  | 0.52  | 0.36  | 3,3,5    | 0.17      | 0.17      | 0.17      | 3,4,5    |
| 39     | 0.27  | 0.52  | 0.36  | 3,3,5    | 0.17      | 0.17      | 0.17      | 3,4,5    |
| 40     | 0.28  | 0.54  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 41     | 0.18  | 0.35  | 0.24  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 42     | 0.17  | 0.33  | 0.23  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 43     | 0.17  | 0.33  | 0.23  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 44     | 0.18  | 0.35  | 0.24  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 45     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 46     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 47     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 48     | 0.08  | 0.15  | 0.10  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 49     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 50     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 51     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 52     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 53     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 54     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 55     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 56     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 57     | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 58     | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 59     | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 60     | 0.05  | 0.10  | 0.07  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 61     | 0.05  | 0.09  | 0.06  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 62     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 63     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 64     | 0.08  | 0.15  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 65     | 0.19  | 0.35  | 0.25  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 66     | 0.29  | 0.55  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 67     | 0.29  | 0.55  | 0.38  | 3,3,5    | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5    |
| 68     | 0.19  | 0.35  | 0.25  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 69     | 0.08  | 0.15  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 70     | 0.09  | 0.17  | 0.12  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 71     | 0.09  | 0.16  | 0.11  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |
| 72     | 0.05  | 0.09  | 0.06  | 3,3,5    | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0    |

|               |              |              |              |       |           |           |           |       |
|---------------|--------------|--------------|--------------|-------|-----------|-----------|-----------|-------|
| 73            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 74            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 75            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 76            | 0.05         | 0.09         | 0.06         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 77            | 0.09         | 0.16         | 0.11         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 78            | 0.09         | 0.17         | 0.12         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 79            | 0.08         | 0.15         | 0.11         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 80            | 0.19         | 0.35         | 0.25         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 81            | 0.29         | 0.55         | 0.38         | 3,3,5 | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5 |
| 82            | 0.29         | 0.55         | 0.38         | 3,3,5 | 0.18      | 0.18      | 0.18      | 3,4,5 |
| 83            | 0.19         | 0.35         | 0.25         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 84            | 0.08         | 0.15         | 0.11         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 85            | 0.09         | 0.17         | 0.12         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 86            | 0.09         | 0.16         | 0.11         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 87            | 0.05         | 0.09         | 0.06         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 88            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 89            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 90            | 0.34         | 0.65         | 0.46         | 3,3,5 | 0.21      | 0.23      | 0.23      | 3,4,5 |
| 91            | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 92            | 0.03         | 0.05         | 0.04         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 93            | 0.04         | 0.07         | 0.05         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 94            | 0.04         | 0.07         | 0.05         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 95            | 0.03         | 0.05         | 0.04         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 96            | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 97            | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 98            | 0.03         | 0.05         | 0.04         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 99            | 0.04         | 0.07         | 0.05         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 100           | 0.04         | 0.07         | 0.05         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 101           | 0.03         | 0.05         | 0.04         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| 102           | 0.01         | 0.02         | 0.02         | 3,3,5 | 0.0       | 0.0       | 0.0       | 0,0,0 |
| <b>Guscio</b> | <b>rRfck</b> | <b>rRfyk</b> | <b>rPfck</b> |       | <b>wR</b> | <b>wF</b> | <b>wP</b> |       |
|               | 0.34         | 0.65         | 0.46         |       | 0.21      | 0.23      | 0.23      |       |

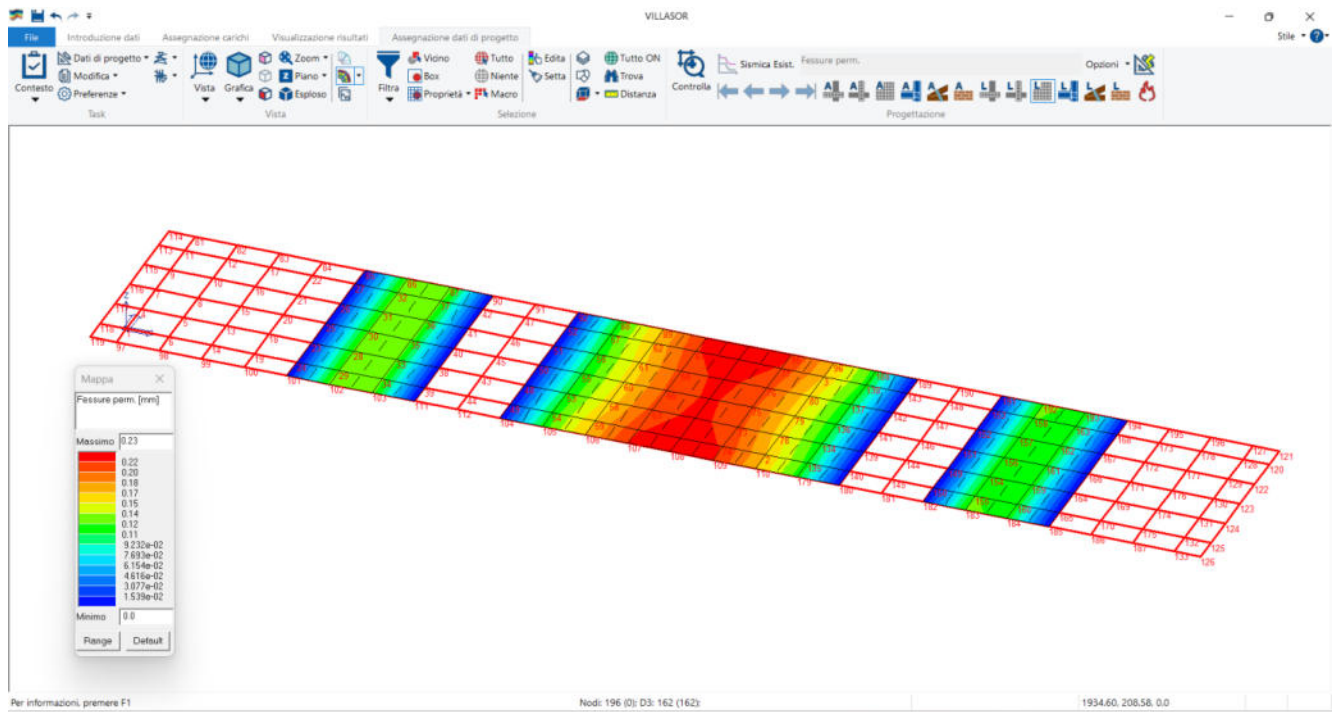
## CONFIGURAZIONI DEFORMATE



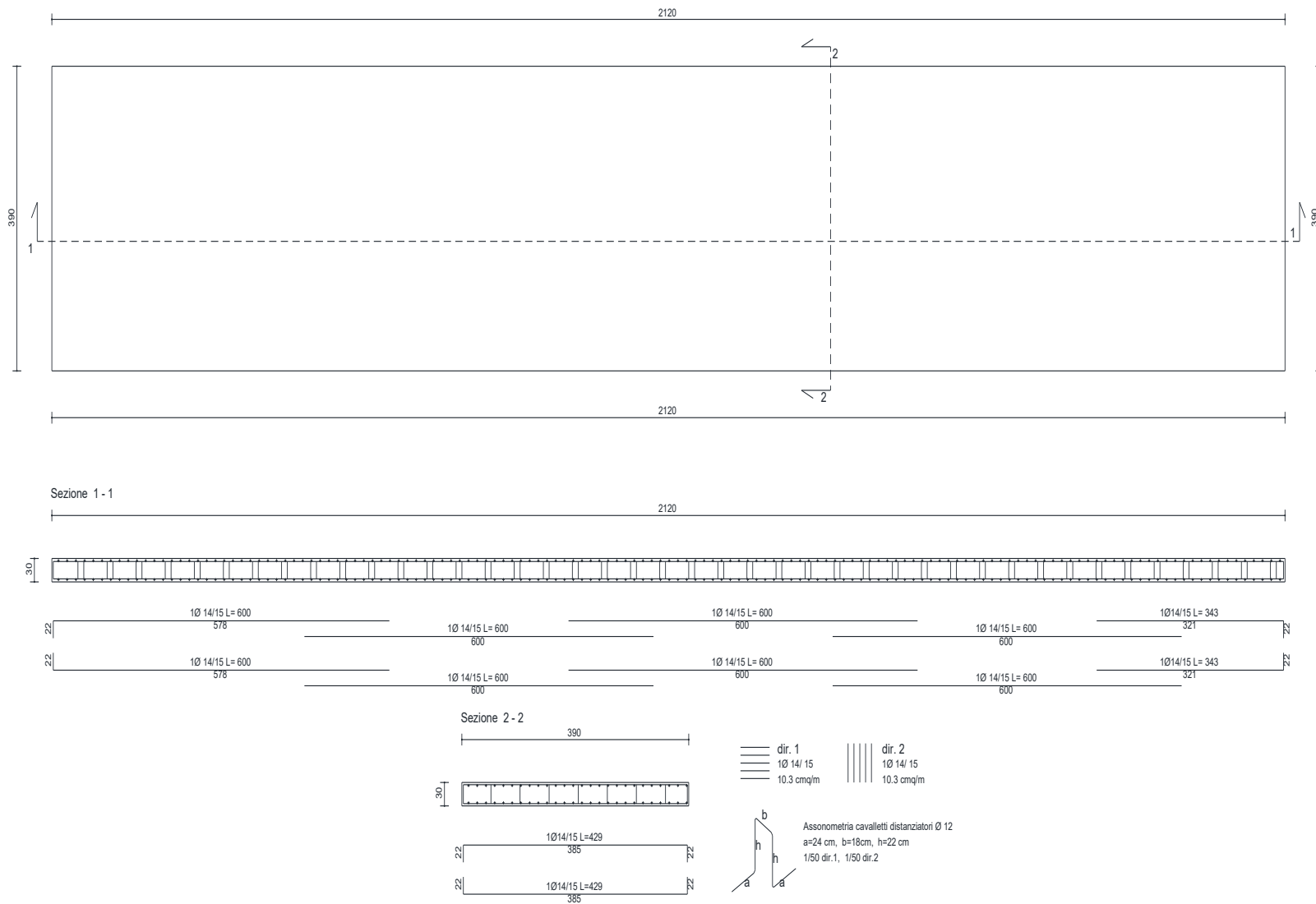
## MAPPA CROMATICA PRESSIONI IN FONDAZIONE



## Verifica SLE



Apertura lesioni:  $w = 0,23 \text{ mm} < 0,30 \text{ mm}$  per ambiente ordinarrio



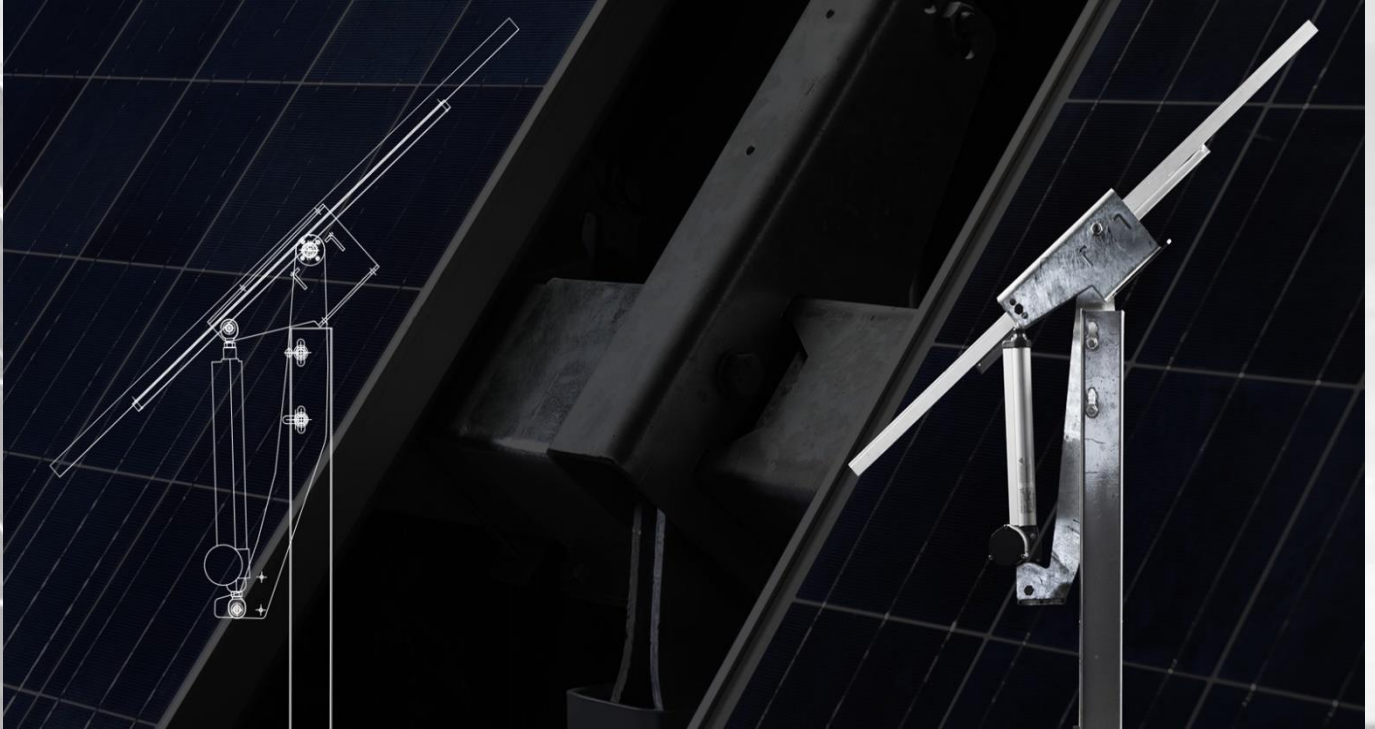
### PRESCRIZIONI:

- Il piano di posa della fondazione dovrà essere scelto in base alla quota del piano finito di calpestio della cabina. In ogni caso si prescrive uno scavo minimo di profondità di 1 m per eliminare il terreno vegetale e un riporto in sabbia di spessore opportuno
- Calcestruzzo C25/30 , Cemento Portland al Calcare, massimo diametro aggregati 25 mm, rapporto a/c =0,5 massimo, copriferro 25 mm, Slump S4
- Acciaio B450C



# CONVERT TRJ

HORIZONTAL SINGLE AXIS TRACKER



*Preliminary Structural Calculation Report*

***TRJHT 28 MODULES - BIFACIAL***

© COPYRIGHT Convert Italia S.p.A.

All rights reserved.

CONVERT Italia S.p.A. has proprietary rights on this document, which must not be used for any purpose other than that for which it is supplied and must not be reproduced without permission from the owners.

| REVISIONS |            |            |                         |
|-----------|------------|------------|-------------------------|
| N.        | DATE       | PAG./SECT. | NOTES                   |
| 0A        | 18/10/2019 | -          | First document emission |

| PREPARED                                     | CHECKED                                                                | APPROVED                                    |
|----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Name: Chiara TARISCIOTTI<br>Date: 17/10/2019 | Name: Sandro PIZZUTO and<br>Michelangelo GUGLIELMI<br>Date: 18/10/2019 | Name: Giuseppe BIAMONTE<br>Date: 18/10/2019 |



---

---

**INDEX**

---

---

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1. GENERAL DESCRIPTION .....</b>                         | <b>4</b>  |
| <b>2. STANDARD RULES .....</b>                              | <b>7</b>  |
| <b>3. LOAD ANALYSIS .....</b>                               | <b>8</b>  |
| <b>PERMANENT LOAD .....</b>                                 | <b>8</b>  |
| <b>WIND LOAD .....</b>                                      | <b>9</b>  |
| <b>SNOW LOAD.....</b>                                       | <b>30</b> |
| <b>4. LOAD COMBINATION.....</b>                             | <b>35</b> |
| <b>5. FORCES AT BASE OF THE PILES .....</b>                 | <b>37</b> |
| <b>6. CALCULATION EMBEDMENT LENGTH OF STEEL PILES .....</b> | <b>41</b> |

# 1. GENERAL DESCRIPTION

## BASIC INFORMATION

|                                          |                                                                 |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Project name                             | -                                                               |
| Country                                  | <i>Italy</i>                                                    |
| Power (MWp)                              | -                                                               |
| GPS Coordinates                          | -                                                               |
| Altitude                                 | <i>150 m above sea level</i>                                    |
| Type of tracking system                  | <i>Horizontal single axis tracking system with backtracking</i> |
| Tracking angle                           | <i><math>\pm 55^\circ</math></i>                                |
| Tracker type                             | <i>2x14 pv-modules in portrait configuration</i>                |
| Height over ground at maximum tilt angle | <i>400mm</i>                                                    |
| Photovoltaic panel                       | <i>Canadian HiKu CS3W-395 – dim: 2108 mm x 1048 mm</i>          |
| Module mounting slots interaxis          | <i>nd</i>                                                       |

## INTRODUCTION

The mechanical structure is composed of two frames.

Three vertical elements called *omega piles* are fixed in the ground by direct ramming procedure or with the help of pre-drilling procedure. They are made of cold formed  $\Omega$  section steel.

At the top of these the connecting elements called *saddles* are fixed and hold up the *main beams*, horizontal elements with a square tubular section which are the central axis of the structure.

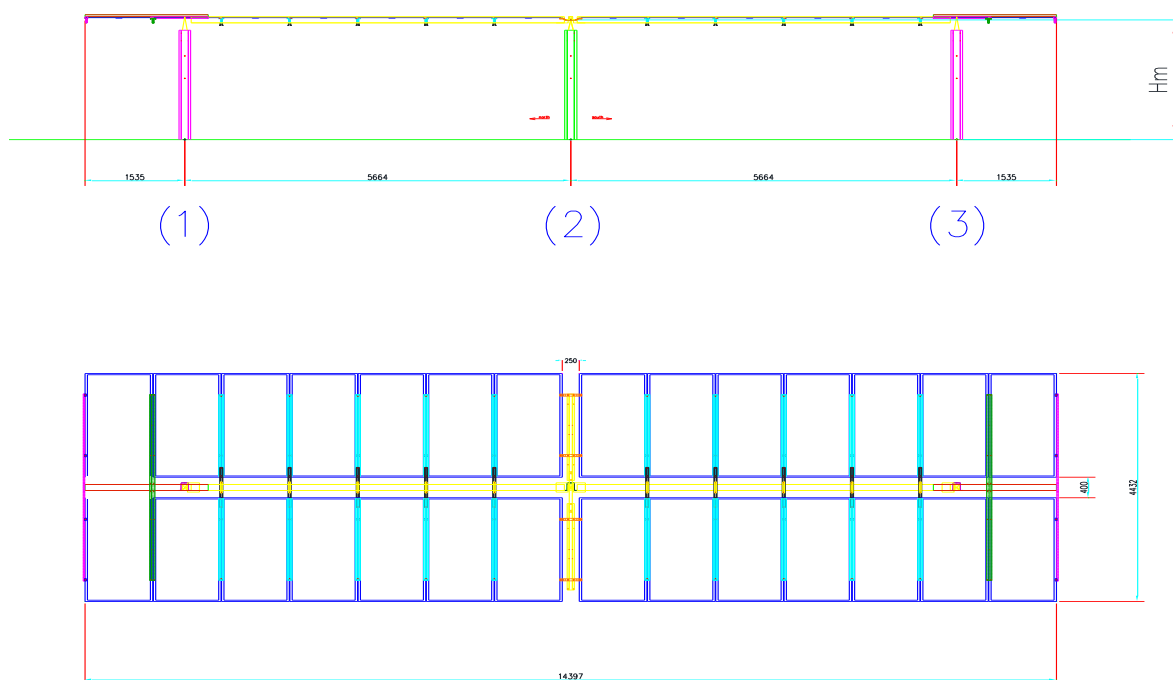
On the main beams two rows of photovoltaic panels in portrait configuration are fixed through two different kind of *module support*. These are secondary cross beams, composed by rectangular tubular and  $\Omega$  section steel profiles.

## GEOMETRIC SCHEME

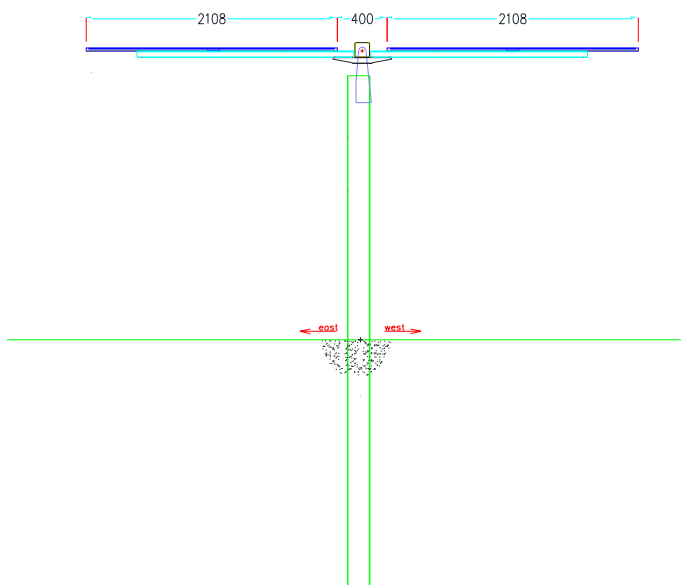
For the structural calculation report we have considered three main configurations:

- MODEL A  $\rightarrow \alpha = 0^\circ$
- MODEL B  $\rightarrow \alpha = 30^\circ$
- MODEL C  $\rightarrow \alpha = 55^\circ$

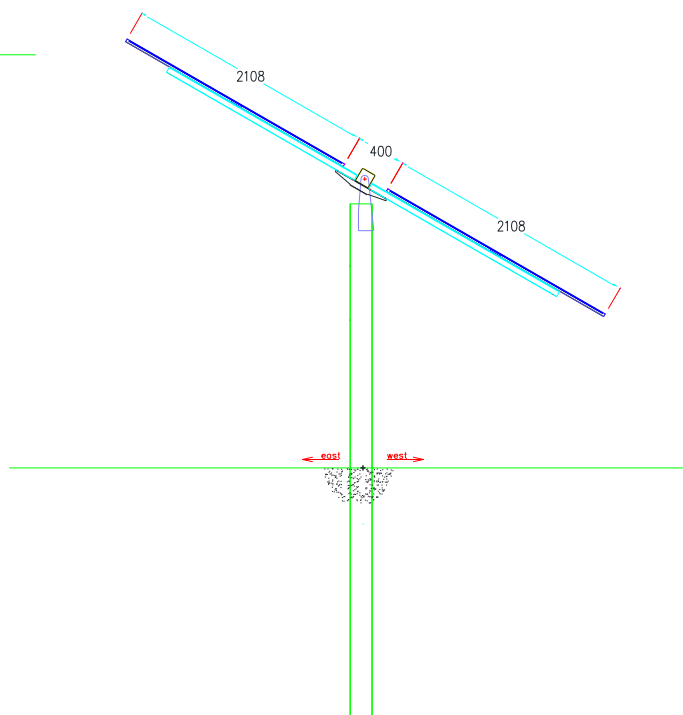
These configurations are those that generate the maximum stress in the structure. Below it is shown a diagram of the geometric dimensions for these configurations. All dimensions marked with star (\*) are still considered **PRELIMINARY**.



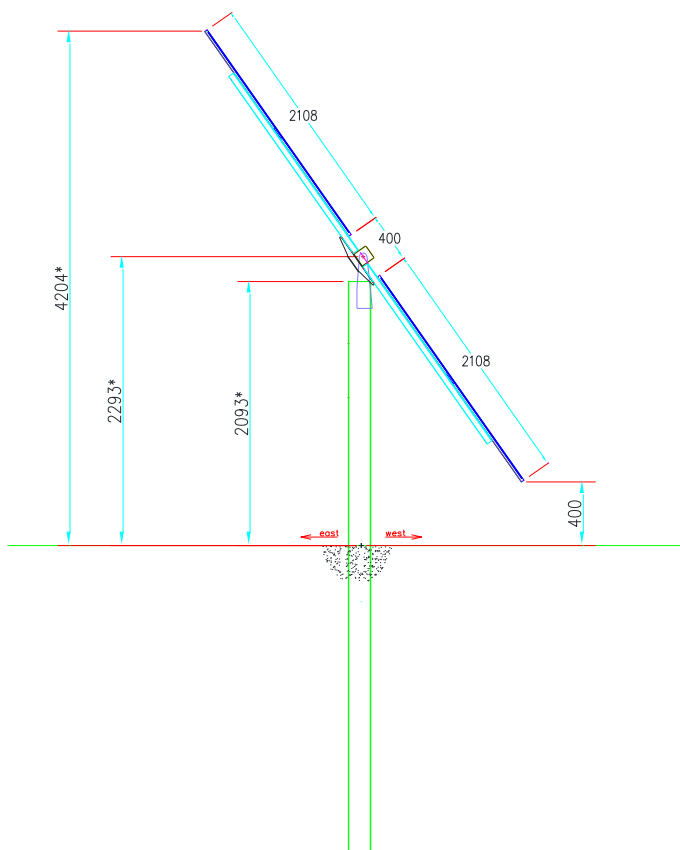
MODEL A  
at max tilt  $\alpha=0^\circ$



MODEL B  
at max tilt  $\alpha=30^\circ$



MODEL C  
at max tilt  $\alpha=55^\circ$



## 2. STANDARD RULES

### EUROPEAN CODES

- 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);

### ITALIAN CODES

- D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Legge 2/2/74 n. 64 e DDMM 3/3/1975 – Norme tecniche per la costruzione in zone sismiche.
- Costruzioni in acciaio: Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione. (C.N.R. 10011/85);
- Istruzioni per la valutazione delle Azioni sulle Costruzioni. (C.N.R. 10012/85);

# 3. LOAD ANALYSIS

## PERMANENT LOAD

### Structural permanent loads

#### Central Main Beam- 120x120

|              |              |                          |
|--------------|--------------|--------------------------|
| L1=          | 6,000        | m - length beaam         |
| pp1=         | 108,0        | N/m - load cross section |
| n°=          | 1            |                          |
| <b>p1.1=</b> | <b>647,9</b> | (N)                      |

#### Lateral Main Beam- 120x120

|              |             |                          |
|--------------|-------------|--------------------------|
| L1=          | 1,388       | m - length beaam         |
| pp1=         | 70,7        | N/m - load cross section |
| n°=          | 1           |                          |
| <b>p1.1=</b> | <b>98,2</b> | (N)                      |

#### Pannel support stand - type P

|            |             |                          |
|------------|-------------|--------------------------|
| L2=        | 0,700       | m - length beaam         |
| pp2=       | 43,6        | N/m - load cross section |
| n°=        | 1           |                          |
| <b>p2=</b> | <b>30,5</b> | (N)                      |

#### Pannel support stand - type S

|            |             |                          |
|------------|-------------|--------------------------|
| L2=        | 1,729       | m - length beaam         |
| pp2=       | 29,8        | N/m - load cross section |
| n°=        | 1           |                          |
| <b>p2=</b> | <b>51,6</b> | (N)                      |

#### KIT's elements for fixing the beam to the central pile

|            |              |     |
|------------|--------------|-----|
| <b>p3=</b> | <b>225,6</b> | (N) |
|------------|--------------|-----|

#### KIT's elements for fixing the beam to the lateral pile

|            |              |     |
|------------|--------------|-----|
| <b>p3=</b> | <b>279,6</b> | (N) |
|------------|--------------|-----|

#### Foundation pile - type Ω

|            |              |                                                   |
|------------|--------------|---------------------------------------------------|
| L4.1=      | 2,05         | m - preliminary embedment length in to the ground |
| L4.2=      | 2,05         | m - length above the ground                       |
| pp4=       | 138          | N/m - load cross section                          |
| n°=        | 1            |                                                   |
| <b>p4=</b> | <b>281,9</b> | (N)                                               |

### Photovoltaic Modules

|            |            |      |
|------------|------------|------|
| A=         | 1048       | (mm) |
| B=         | 2108       | (mm) |
| <b>p5=</b> | <b>244</b> | (N)  |

## WIND LOAD

### INTRODUCTION

The wind load calculation is determined in according to D.M. 17 gennaio 2018 – *Norme Tecniche per le Costruzioni*.

- In stow position ( $\alpha = 0^\circ$ ) the main speed wind is  $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$  according to NTC2018;
- In working position ( $\alpha \neq 0^\circ$ ) the wind speed is  $v_{b,0} = 15 \text{ m/s}$ . It is calculated as 10 minutes average wind speed value at tracker height.

Only for the configurations of non-standard angles the pressure coefficients  $c_p$  of the named fluido-dynamic study – “*Aerodynamic performance of a solar tracker panel*” by A. Corsini and G. Delibra was used.

### BASIC WIND VELOCITY

The basic wind velocity is determined according to the Table 3.3.I of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*.

The value is the characteristic 10 minutes mean wind velocity, irrespective of the wind direction and time of year, at 10m above ground level in open country terrain with low vegetation such as grass and isolated obstacles with separations of at least 20 obstacles heights, with a probability of exceeding the designed force not more than 2% in 50 years.

The photovoltaic site is in region 4. It is underline in following figure.

**Tab. 3.3.I - Valori dei parametri  $v_{b,0}$ ,  $a_0$ ,  $k_s$**

| Zona | Descrizione                                                                                                                         | $v_{b,0}$ [m/s] | $a_0$ [m] | $k_s$ |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------|-------|
| 1    | Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste) | 25              | 1000      | 0,40  |
| 2    | Emilia Romagna                                                                                                                      | 25              | 750       | 0,45  |
| 3    | Toscana, Marche, Umbria, Lazio, Abruzzo, Molise, Puglia, Campania, Basilicata, Calabria (esclusa la provincia di Reggio Calabria)   | 27              | 500       | 0,37  |
| 4    | Sicilia e provincia di Reggio Calabria                                                                                              | 28              | 500       | 0,36  |
| 5    | Sardegna (zona a oriente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)                                            | 28              | 750       | 0,40  |
| 6    | Sardegna (zona a occidente della retta congiungente Capo Teulada con l'Isola di Maddalena)                                          | 28              | 500       | 0,36  |
| 7    | Liguria                                                                                                                             | 28              | 1000      | 0,54  |
| 8    | Provincia di Trieste                                                                                                                | 30              | 1500      | 0,50  |
| 9    | Isole (con l'eccezione di Sicilia e Sardegna) e mare aperto                                                                         | 31              | 500       | 0,32  |

Therefore the basic wind velocity is  $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$ .

**MEAN WIND**

The main wind velocity is determined according to the Section 3.3.1 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, with the following equation:

$$v_b = c_a \cdot v_{b,0}$$

Where:

- $v_{b,0}$  is the basic wind speed. The values are the following:  
 $v_{b,0} = 28 \text{ m/s}$  for the tracker inclination angle  $\alpha=+0^\circ$ ;  
 $v_{b,0} = 15 \text{ m/s}$  for the tracker inclination angle  $\alpha \neq 0^\circ$ ;
- $c_a$  is the altitude coefficient  $c_a = 1$

$$\begin{aligned} c_a &= 1 && \text{per } a_s \leq a_0 \\ c_a &= 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_0} - 1 \right) && \text{per } a_0 < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned} \quad [3.3.1.b]$$

Therefore, the values of main wind velocity based on tracker inclination angle are:

- $v_b = c_a \cdot v_{b,0} = 1 \cdot 28 = 28 \text{ m/s}$  ( $\alpha=0^\circ$ )
- $v_b = c_a \cdot v_{b,0^\circ} = 1 \cdot 15 = 15 \text{ m/s}$  ( $\alpha \neq 0^\circ$ )



### REFERENCE WIND SPEED

The reference wind speed is determined according to the Section 3.3.2 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, with the following equation:

$$v_{b,r} = c_r \cdot v_b$$

Where:

- $v_b$  is the main wind speed. The values are the following:  
 $v_b = 28 \text{ m/s}$  for the tracker inclination angle  $\alpha=0^\circ$ ;  
 $v_b = 15 \text{ m/s}$  for the tracker inclination angle  $\alpha \neq 0^\circ$ ;
- $c_r$  is the return coefficient. It depends on the return period  $T_R$  equals to 25 years, with the following equation:

$$c_r = 0,75 \sqrt{1 - 0,20 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{T_R} \right) \right]} = 0,75 \sqrt{1 - 0,20 \cdot \ln \left[ -\ln \left( 1 - \frac{1}{25} \right) \right]} = 0,960$$

Therefore, the values of main wind velocity based on tracker inclination angle are:

- $v_{b,r} = c_r \cdot v_b = 0,960 \cdot 28 = 26,9 \text{ m/s}$  ( $\alpha=0^\circ$ )
- $v_{b,r} = c_r \cdot v_b = 1 \cdot 15 = 15 \text{ m/s}$  ( $\alpha \neq 0^\circ$ )

**PEAK VELOCITY PRESSURE**

The peak velocity pressure is determined by the following expression according to Section 3.3.6 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*:

$$q_r = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,r}^2$$

Where:

- $\rho$  the density air is determinate according to the *International Standard ISO 2533-1975* - "Standard atmosphere". It is an atmospheric model of how the pressure, temperature, density, and viscosity of the Earth's atmosphere changes with altitude. Following the table of the density air values:

ISO 2533:1975/Add.2:1997(E/F/R)

© ISO

**Table 1 (continued)**  
**Tableau 1 (suite)**  
**Таблица 1 (продолжение)**  
**Tabla 1 (continuación)**

Values in terms of geometrical altitude. Valeurs en fonction de l'altitude géométrique.  
 Значения величин в функции геометрической высоты. Valores en función de la altitud geométrica.

| <i>h</i><br>m<br>M | <i>H</i><br>m<br>M | <i>T</i><br>K | <i>t</i><br>°C | <i>p</i><br>hPa<br>гПа | $\rho$<br>kg·m <sup>-3</sup><br>кг·м <sup>-3</sup> | <i>g</i><br>m·s <sup>-2</sup><br>м·с <sup>-2</sup> |
|--------------------|--------------------|---------------|----------------|------------------------|----------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| -2 000             | -2 001             | 301.154       | 28.004         | 1.27783 +3             | 1.47816 +0                                         | 9.8128                                             |
| -1 950             | -1 951             | 300.829       | 27.679         | 1.27059                | 1.47138                                            | 9.8127                                             |
| -1 900             | -1 901             | 300.504       | 27.354         | 1.26339                | 1.46462                                            | 9.8125                                             |
| -1 850             | -1 851             | 300.179       | 27.029         | 1.25622                | 1.45789                                            | 9.8124                                             |
| -1 800             | -1 801             | 299.853       | 26.703         | 1.24909                | 1.45118                                            | 9.8122                                             |
| -1 750             | -1 750             | 299.528       | 26.378         | 1.24198                | 1.44449                                            | 9.8121                                             |
| -1 700             | -1 700             | 299.203       | 26.053         | 1.23491                | 1.43783                                            | 9.8119                                             |
| -1 650             | -1 650             | 298.878       | 25.728         | 1.22787                | 1.43119                                            | 9.8117                                             |
| -1 600             | -1 600             | 298.553       | 25.403         | 1.22087                | 1.42458                                            | 9.8116                                             |
| -1 550             | -1 550             | 298.227       | 25.077         | 1.21390                | 1.41799                                            | 9.8114                                             |
| -1 500             | -1 500             | 297.902       | 24.752         | 1.20696 +3             | 1.41142 +0                                         | 9.8113                                             |
| -1 450             | -1 450             | 297.577       | 24.427         | 1.20005                | 1.40487                                            | 9.8111                                             |
| -1 400             | -1 400             | 297.252       | 24.102         | 1.19317                | 1.39835                                            | 9.8110                                             |
| -1 350             | -1 350             | 296.927       | 23.777         | 1.18633                | 1.39186                                            | 9.8108                                             |
| -1 300             | -1 300             | 296.602       | 23.452         | 1.17952                | 1.38538                                            | 9.8107                                             |
| -1 250             | -1 250             | 296.277       | 23.127         | 1.17274                | 1.37893                                            | 9.8105                                             |
| -1 200             | -1 200             | 295.951       | 22.801         | 1.16599                | 1.37250                                            | 9.8104                                             |
| -1 150             | -1 150             | 295.626       | 22.476         | 1.15927                | 1.36610                                            | 9.8102                                             |
| -1 100             | -1 100             | 295.301       | 22.151         | 1.15259                | 1.35971                                            | 9.8100                                             |
| -1 050             | -1 050             | 294.976       | 21.826         | 1.14593                | 1.35335                                            | 9.8099                                             |
| -1 000             | -1 000             | 294.651       | 21.501         | 1.13931 +3             | 1.34702 +0                                         | 9.8097                                             |
| -950               | -950               | 294.326       | 21.176         | 1.13272                | 1.34070                                            | 9.8096                                             |
| -900               | -900               | 294.001       | 20.851         | 1.12616                | 1.33441                                            | 9.8094                                             |
| -850               | -850               | 293.676       | 20.526         | 1.11963                | 1.32814                                            | 9.8093                                             |
| -800               | -800               | 293.351       | 20.201         | 1.11313                | 1.32190                                            | 9.8091                                             |
| -750               | -750               | 293.026       | 19.876         | 1.10666                | 1.31567                                            | 9.8090                                             |
| -700               | -700               | 292.701       | 19.551         | 1.10023                | 1.30947                                            | 9.8088                                             |
| -650               | -650               | 292.375       | 19.225         | 1.09382                | 1.30330                                            | 9.8087                                             |
| -600               | -600               | 292.050       | 18.900         | 1.08744                | 1.29714                                            | 9.8085                                             |
| -550               | -550               | 291.725       | 18.575         | 1.08110                | 1.29101                                            | 9.8083                                             |
| -500               | -500               | 291.400       | 18.250         | 1.07478 +3             | 1.28490 +0                                         | 9.8082                                             |
| -450               | -450               | 291.075       | 17.925         | 1.06849                | 1.27881                                            | 9.8080                                             |
| -400               | -400               | 290.750       | 17.600         | 1.06224                | 1.27274                                            | 9.8079                                             |
| -350               | -350               | 290.425       | 17.275         | 1.05601                | 1.26670                                            | 9.8077                                             |
| -300               | -300               | 290.100       | 16.950         | 1.04981                | 1.26067                                            | 9.8076                                             |
| -250               | -250               | 289.775       | 16.625         | 1.04365                | 1.25467                                            | 9.8074                                             |
| -200               | -200               | 289.450       | 16.300         | 1.03751                | 1.24870                                            | 9.8073                                             |
| -150               | -150               | 289.125       | 15.975         | 1.03140                | 1.24274                                            | 9.8071                                             |
| -100               | -100               | 288.800       | 15.650         | 1.02532                | 1.23680                                            | 9.8070                                             |
| -50                | -50                | 288.475       | 15.325         | 1.01927                | 1.23089                                            | 9.8068                                             |
| 0                  | 0                  | 288.150       | 15.000         | 1.01325 +3             | 1.22500 +0                                         | 9.8067                                             |
| 50                 | 50                 | 287.825       | 14.675         | 1.00726                | 1.21913                                            | 9.8065                                             |
| 100                | 100                | 287.500       | 14.350         | 1.00128                | 1.21328                                            | 9.8063                                             |
| 150                | 150                | 287.175       | 14.025         | 9.95359 +2             | 1.20746                                            | 9.8062                                             |
| 200                | 200                | 286.850       | 13.700         | 9.89453                | 1.20165                                            | 9.8060                                             |
| 250                | 250                | 286.525       | 13.375         | 9.83576                | 1.19587                                            | 9.8059                                             |
| 300                | 300                | 286.200       | 13.050         | 9.77727                | 1.19011                                            | 9.8057                                             |
| 350                | 350                | 285.875       | 12.725         | 9.71906                | 1.18437                                            | 9.8056                                             |
| 400                | 400                | 285.550       | 12.400         | 9.66113                | 1.17865                                            | 9.8054                                             |
| 450                | 450                | 285.225       | 12.075         | 9.60349                | 1.17295                                            | 9.8053                                             |
| 500                | 500                | 284.900       | 11.750         | 9.54612 +2             | 1.16727 +0                                         | 9.8051                                             |
| 550                | 550                | 284.575       | 11.425         | 9.48904                | 1.16162                                            | 9.8050                                             |
| 600                | 600                | 284.250       | 11.100         | 9.43223                | 1.15598                                            | 9.8048                                             |
| 650                | 650                | 283.925       | 10.775         | 9.37569                | 1.15037                                            | 9.8046                                             |
| 700                | 700                | 283.601       | 10.451         | 9.31944                | 1.14478                                            | 9.8045                                             |
| 750                | 750                | 283.276       | 10.126         | 9.26345                | 1.13921                                            | 9.8043                                             |
| 800                | 800                | 282.951       | 9.801          | 9.20775                | 1.13365                                            | 9.8042                                             |
| 850                | 850                | 282.626       | 9.476          | 9.15231                | 1.12812                                            | 9.8040                                             |
| 900                | 900                | 282.301       | 9.151          | 9.09714                | 1.12262                                            | 9.8039                                             |
| 950                | 950                | 281.976       | 8.826          | 9.04225                | 1.11713                                            | 9.8037                                             |

For the altitude above the sea level  $h=150\text{m}$  result

$$\rho = 1,207 \text{ kg/m}^3$$

- $v_{b,r}$  is the reference wind speed. The values are the following:

$$v_{b,r} = 26,9 \text{ m/s} \quad (\alpha=0^\circ)$$

$$v_{b,r} = 15 \text{ m/s} \quad (\alpha \neq 0^\circ)$$

Therefore, the values of the peak velocity pressure based on tracker inclination angle  $\alpha$  are:

$$- q_r = \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,r}^2 \right) = \left( \frac{1}{2} \cdot 1,207 \cdot 26,9^2 \right) = 436 \text{ N/m}^2 \quad \text{for the tracker inclination angle } \alpha=0^\circ$$

$$- q_r = \left( \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_{b,r}^2 \right) = \left( \frac{1}{2} \cdot 1,207 \cdot 15^2 \right) = 136 \text{ N/m}^2 \quad \text{for the tracker inclination angle } \alpha \neq 0^\circ$$

### EXPOSURE FACTOR

The exposure coefficient depends on the structure height  $z$  above the terrain and on the exposure category of the site where the structure is located.

$$c_e(z) = k_t^2 c_t \ln(z/z_0) [7 + c_t \ln(z/z_0)] \quad \text{per } z \geq z_{\min}$$

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

The roughness class of the intervention can be considered the C, an area with low vegetation such as grass and isolated obstacles.

Tab. 3.3.III - Classi di rugosità del terreno

| Classe di rugosità del terreno | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|--------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A                              | Aree urbane in cui almeno il 15% della superficie sia coperto da edifici la cui altezza media superi i 15 m                                                                                                                                                                                                                                                  |
| B                              | Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| C                              | Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D                                                                                                                                                                                                                                      |
| D                              | a) Mare e relativa fascia costiera (entro 2 km dalla costa);<br>b) Lago (con larghezza massima pari ad almeno 1 km) e relativa fascia costiera (entro 1 km dalla costa)<br>c) Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, pascoli, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, ...) |

L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Si può assumere che il sito appartenga alla Classe A o B, purché la costruzione si trovi nell'area relativa per non meno di 1 km e comunque per non meno di 20 volte l'altezza della costruzione, per tutti i settori di provenienza del vento ampi almeno 30°. Si deve assumere che il sito appartenga alla Classe D, qualora la costruzione sorga nelle aree indicate con le lettere a) o b), oppure entro un raggio di 1 km da essa vi sia un settore ampio 30°, dove il 90% del terreno sia del tipo indicato con la lettera c). Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, si deve assegnare la classe più sfavorevole (l'azione del vento è in genere minima in Classe A e massima in Classe D).

| ZONE 1,2,3,4,5                                             |       |      |       |       |      |      |
|------------------------------------------------------------|-------|------|-------|-------|------|------|
|                                                            | costa | mare | 10 km | 30 km | 500m | 750m |
|                                                            | 2 km  |      |       |       |      |      |
| A                                                          | --    | IV   | IV    | V     | V    | V    |
| B                                                          | --    | III  | III   | IV    | IV   | IV   |
| C                                                          | --    | *    | III   | III   | IV   | IV   |
| D                                                          | I     | II   | II    | II    | III  | **   |
| * Categoria II in zona 1,2,3,4<br>Categoria III in zona 5  |       |      |       |       |      |      |
| ** Categoria III in zona 2,3,4,5<br>Categoria IV in zona 1 |       |      |       |       |      |      |

The parameters for calculating  $c_e$ , for site with exposure category III and having a topographic factor equals to  $c_t = 1$ , are given in the following table:

Tab. 3.3.II - Parametri per la definizione del coefficiente di esposizione

| Categoria di esposizione del sito | $K_t$ | $z_0$ [m] | $z_{\min}$ [m] |
|-----------------------------------|-------|-----------|----------------|
| I                                 | 0,17  | 0,01      | 2              |
| II                                | 0,19  | 0,05      | 4              |
| III                               | 0,20  | 0,10      | 5              |
| IV                                | 0,22  | 0,30      | 8              |
| V                                 | 0,23  | 0,70      | 12             |

Therefore the value of the exposure coefficient is:

$$c_e = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right] = 0,20^2 \ln\left(\frac{5}{0.1}\right) \left[7 + \ln\left(\frac{5}{0.1}\right)\right] = 1,708$$

In  $p_{w,\alpha}$  we will use  $c_e(z) = 1$  because  $v_{b,0} = 15m/s$  is a misured basic wind speed, and so it considers the different factors related to the terrain.

**DYNAMIC FACTOR**

The dynamic factor  $c_d$  was determined by referring to the Eurocode factor  $c_s c_d$ .

The structural factor  $c_s c_d$  should take into account the effect on wind actions from the non-simultaneous occurrence of peak wind pressures on the surface ( $c_s$ ) together with the effect of the vibrations of the structure due to turbulence ( $c_d$ ). The structural factor  $c_s c_d$  may be separated into a size factor ( $c_s$ ) and a dynamic factor ( $c_d$ ), based on chapter 6.3.1.

The calculation of the structural factor  $c_s c_d$  was performed through the use of a sheet excels follows below.

## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for upwind ( $\alpha=0^\circ$ )

### Geometrical and mechanical characteristics

|                                                                                                                                                                                           |                                                                             |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| III                                                                                                                                                                                       | = Terrain category                                                          |
| z <sub>s</sub> = 4,450                                                                                                                                                                    | (m) reference height of the structure                                       |
| z <sub>0</sub> = 0,1                                                                                                                                                                      | (m)                                                                         |
| z <sub>010</sub> = 5                                                                                                                                                                      | (m)                                                                         |
| <b>V<sub>a</sub>= 26,89</b>                                                                                                                                                               | <b>(m/s) mean wind velocity</b>                                             |
| ρ= 1,2070                                                                                                                                                                                 | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                            |
| <b>C<sub>f</sub>= 0,20</b>                                                                                                                                                                | <b>force coefficient for the structure (Section 7)</b>                      |
| C <sub>g</sub> = 1                                                                                                                                                                        | orography factor                                                            |
| Massa del 1° modo = 65                                                                                                                                                                    | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4. |
| I <sub>v</sub> = 0,256                                                                                                                                                                    | turbulence intensity                                                        |
| $I_z(z) = \frac{0,43}{V_a(z)} \cdot \frac{k_z}{C_{fz}(z)} \cdot \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad \text{for } z_{010} \leq z \leq z_{010}$ $I_z(z) = I_z(z_{010}) \quad \text{for } z < z_{010}$ |                                                                             |
| where:                                                                                                                                                                                    |                                                                             |
| k <sub>z</sub> is the turbulence factor. The value of k <sub>z</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k <sub>z</sub> is 1,0.                                 |                                                                             |
| C <sub>fz</sub> is the orography factor as described in 4.3.3                                                                                                                             |                                                                             |
| z <sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1                                                                                                                                |                                                                             |

### Wind turbulence

|                                                                                                               |                                            |                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| $L(z) = L_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^{\alpha}$ for $z > z_{010}$                                      | 38,742                                     | Turbulent length scale                 |
| $L(z) = L(z_{010})$ for $z < z_{010}$                                                                         |                                            |                                        |
| Lt= 300                                                                                                       | m                                          |                                        |
| zt= 200                                                                                                       | m                                          |                                        |
| $S_z(z, n) = \frac{n \cdot S_z(z, n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot I_z(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot I_z(z, n))^2}$ | 0,0383                                     | non dimensional power spectral density |
| <b>T= 0,21</b>                                                                                                | <b>Fundamental period of the structure</b> |                                        |
| n= 4,76                                                                                                       | natural frequency of the structure in Hz   |                                        |
| $f_z(z, n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_a(z)}$                                                                     | 6,861                                      | non dimensionale frequency             |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                        |                                         |                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}}$ | 0,636                                   | background factor |
| <b>b= 14,432</b>                                                       | <b>(m) length tracker - see fig.6.1</b> |                   |
| <b>h= 4,432</b>                                                        | <b>(m) width tracker - see fig.6.1</b>  |                   |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                        |                                                        |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$      | 3,683                                                  |                              |
| T= 600                                                                                 | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |                              |
| $v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                           | 0,796                                                  | is the up-crossing frequency |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_1, n_1) \cdot R_b(z_1) \cdot R_b(z_1)$ | 0,018                                                  | Resonance response factor    |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot I_z(z_s, n_{1,s})$                          | 3,610                                                  |                              |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot I_z(z_s, n_{1,s})$                          | 11,756                                                 |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$            | 0,239                                                  |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$            | 0,081                                                  |                              |

### Calculation logarithmic decrement of damping

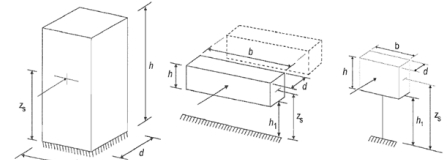
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| $\delta_s=$                                                                      | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_t \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_s}$ | 0,15  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_g=$                                                                      | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,201 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd<sup>cs</sup>

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_z(z_s)}$ | <b>0,905</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.      b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.      c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{010}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{010}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{010}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

- z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.
- k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation
- I<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4
- B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface
- R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot I_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot I_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>s</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3):

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot I_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot I_z(z_s)} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An alternative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
- only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.

NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

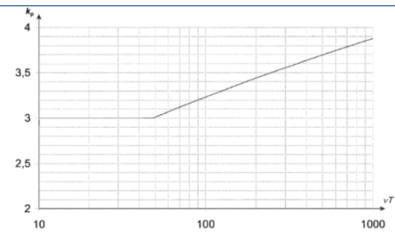


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                       | structural damping, δ <sub>s</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                         | 0,10                               |
| steel buildings                                                       | 0,05                               |
| mixed structures concrete + steel                                     | 0,08                               |
| reinforced concrete towers and chimneys                               | 0,03                               |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation       | 0,012                              |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation           | 0,020                              |
| steel stack with one liner with external thermal insulation*          | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,014                              |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation* | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,005                              |
| steel stack with internal brick liner                                 | 0,070                              |
| steel stack with internal gunite                                      | 0,030                              |
| coupled stacks without liner                                          | 0,015                              |
| guyed steel stack without liner                                       | 0,04                               |
| welded                                                                | 0,02                               |
| steel bridges                                                         | 0,03                               |
| + lattice steel towers                                                | 0,05                               |
| high resistance bolts                                                 | 0,05                               |
| ordinary bolts                                                        | 0,04                               |
| composite bridges                                                     | 0,04                               |
| concrete bridges                                                      | 0,10                               |
| with cracks                                                           | 0,04                               |
| Timber bridges                                                        | 0,06 - 0,12                        |
| Bridges, aluminium alloys                                             | 0,02                               |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                            | 0,04 - 0,08                        |
| cables                                                                | 0,006                              |
| parallel cables                                                       | 0,020                              |
| spiral cables                                                         | 0,020                              |



## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for downwind ( $\alpha=0^\circ$ )

### Geometrical and mechanical characteristics

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                            |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | = Terrain category                                                         |
| z <sub>s</sub> = 4,450                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (m) reference height of the structure                                      |
| z <sub>0</sub> = 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | (m)                                                                        |
| z <sub>0,ref</sub> = 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (m)                                                                        |
| <b>V<sub>a</sub>= 26,89</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <b>(m/s) mean wind velocity</b>                                            |
| ρ= 1,2070                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                           |
| <b>C<sub>f</sub>= 0,50</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>force coefficient for the structure (Section 7)</b>                     |
| C <sub>g</sub> = 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | orography factor                                                           |
| Massa del 1° modo = 65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4 |
| I <sub>v</sub> = 0,256                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | turbulence intensity                                                       |
| $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z \leq z_{0,ref}$ $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \cdot \left( \frac{z}{z_{0,ref}} \right)^{0,63} \quad \text{for } z > z_{0,ref}$ <p>where:</p> <p>k<sub>1</sub> is the turbulence factor. The value of k<sub>1</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k<sub>1</sub> is 1,0.</p> <p>c<sub>1</sub> is the orography factor as described in 4.3.3</p> <p>z<sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1</p> |                                                                            |

### Wind turbulence

|                                                                                                                    |                                            |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| $L(z) = L_1 \cdot \left( \frac{z}{z_1} \right)^{0,63}$ for $z > z_{0,ref}$                                         | 38,742                                     | Turbulent length scale                 |
| $L(z) = L(z_{0,ref})$ for $z \leq z_{0,ref}$                                                                       |                                            |                                        |
| Lt= 300                                                                                                            | m                                          |                                        |
| zt= 200                                                                                                            | m                                          |                                        |
| $S_z(z, n) = \frac{n \cdot S_z(z, n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot f_z(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_z(z, n))^{0,63}}$ | 0,0383                                     | non dimensional power spectral density |
| <b>T= 0,21</b>                                                                                                     | <b>Fundamental period of the structure</b> |                                        |
| n= 4,76                                                                                                            | natural frequency of the structure in Hz   |                                        |
| $f_z(z, n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_a(z)}$                                                                          | 6,861                                      | non dimensionale frequency             |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                          |                                         |                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left( \frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}}$ | 0,636                                   | background factor |
| <b>b= 14,432</b>                                                         | <b>(m) length tracker - see fig.6.1</b> |                   |
| <b>h= 4,432</b>                                                          | <b>(m) width tracker - see fig.6.1</b>  |                   |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                        |                                                        |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$      | 3,582                                                  |                              |
| T= 600                                                                                 | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |                              |
| $v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                           | 0,550                                                  | is the up-crossing frequency |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_s, n_1) \cdot R_b(z_s) \cdot R_b(z_b)$ | 0,009                                                  | Resonance response factor    |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 3,610                                                  |                              |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 11,756                                                 |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$            | 0,239                                                  |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$            | 0,081                                                  |                              |

### Calculation logarithmic decrement of damping

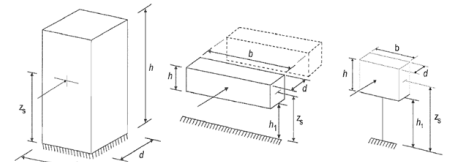
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| $\delta_s =$                                                                     | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_1 \cdot \rho \cdot b \cdot V_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_a}$ | 0,38  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_g =$                                                                     | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,428 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd\*cs

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)}$ | <b>0,886</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.      b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.      c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

- z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.
- k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation
- f<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4
- B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface
- R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode
- NOTE 1 The site factor c<sub>s</sub> takes into account the reduction effect on the wind action due to the non-simultaneity of occurrence of the peak wind pressures on the surface and may be obtained from Expression (6.2)

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>d</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3)

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An alternative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
  - only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.
- NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

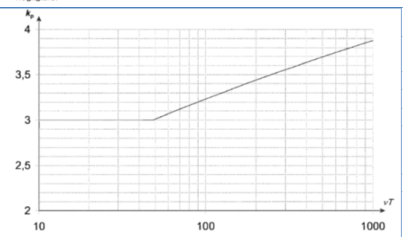


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                       | structural damping, δ <sub>s</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                         | 0,10                               |
| steel buildings                                                       | 0,05                               |
| mixed structures concrete + steel                                     | 0,08                               |
| reinforced concrete towers and chimneys                               | 0,03                               |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation       | 0,012                              |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation           | 0,020                              |
| steel stack with one liner with external thermal insulation*          | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,014                              |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation* | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,005                              |
| steel stack with internal brick liner                                 | 0,070                              |
| steel stack with internal gunite                                      | 0,030                              |
| coupled stacks without liner                                          | 0,015                              |
| guyed steel stack without liner                                       | 0,04                               |
| welded                                                                | 0,02                               |
| steel bridges                                                         | 0,03                               |
| + lattice steel towers                                                | 0,05                               |
| high resistance bolts                                                 | 0,05                               |
| ordinary bolts                                                        | 0,04                               |
| composite bridges                                                     | 0,04                               |
| concrete bridges                                                      | 0,10                               |
| prestressed without cracks                                            | 0,04                               |
| with cracks                                                           | 0,10                               |
| Timber bridges                                                        | 0,06 - 0,12                        |
| Bridges, aluminium alloys                                             | 0,02                               |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                            | 0,04 - 0,08                        |
| cables                                                                | 0,006                              |
| parallel cables                                                       | 0,006                              |
| spiral cables                                                         | 0,020                              |

## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for upwind ( $\alpha=30^\circ$ )

### Geometrical and mechanical characteristics

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                             |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | = Terrain category                                                          |
| z <sub>s</sub> = 4,450                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (m) reference height of the structure                                       |
| z <sub>0</sub> = 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (m)                                                                         |
| z <sub>0,ref</sub> = 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | (m)                                                                         |
| <b>V<sub>a</sub>= 15</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | <b>(m/s) mean wind velocity</b>                                             |
| ρ= 1,2070                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                            |
| <b>C<sub>f</sub>= 1,200</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | <b>force coefficient for the structure (Section 7)</b>                      |
| C <sub>g</sub> = 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | orography factor                                                            |
| Massa del 1° modo 65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4. |
| I <sub>v</sub> = 0,256                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | turbulence intensity                                                        |
| $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z \leq z_{lim}$ $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \cdot \left( \frac{z}{z_{lim}} \right)^{0,33} \quad \text{for } z > z_{lim}$ <p>where:</p> <p>k<sub>1</sub> is the turbulence factor. The value of k<sub>1</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k<sub>1</sub> is 1.0.</p> <p>C<sub>g</sub> is the orography factor as described in 4.3.3</p> <p>z<sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1</p> |                                                                             |

### Wind turbulence

|                                                                                                                                                                                                                         |        |                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|------------------------------------------|
| <div><math display="block">L(z) = L_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^{0,67}</math><math display="block">L(z) = L(z_{lim})</math></div> <div>for <math>z &gt; z_{lim}</math><br/>for <math>z &lt; z_{lim}</math></div> | 38,742 | Turbulent length scale                   |
| Lt=                                                                                                                                                                                                                     | 300    | m                                        |
| zt=                                                                                                                                                                                                                     | 200    | m                                        |
| <div><math display="block">S_z(z,n) = \frac{n \cdot S_z(z,n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot f_z(z,n)}{(1+10,2 \cdot f_z(z,n))^{0,33}}</math></div>                                                                      | 0,0263 | non dimensional power spectral density   |
| T=                                                                                                                                                                                                                      | 0,21   | Fundamental period of the structure      |
| n=                                                                                                                                                                                                                      | 4,76   | natural frequency of the structure in Hz |
| <div><math display="block">f_z(z,n) = \frac{n \cdot L(z)}{v_m(z)}</math></div>                                                                                                                                          | 12,299 | non dimensionale frequency               |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                          |        |                                  |
|--------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left( \frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}}$ | 0,636  | background factor                |
| b=                                                                       | 14,432 | (m) length tracker - see fig.6.1 |
| h=                                                                       | 4,432  | (m) width tracker - see fig.6.1  |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                                  |        |                                                        |  |  |  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|--------------------------------------------------------|--|--|--|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0.6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$                | 3,335  |                                                        |  |  |  |
| T=                                                                                               | 600    | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |  |  |  |
| $v = n_{1,x} \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                                       | 0,234  | is the up-crossing frequency                           |  |  |  |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_s, n_{1,x}) \cdot R_b(\eta_h) \cdot R_b(\eta_b)$ | 0,002  | Resonance response factor                              |  |  |  |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,x})$                                    | 6,472  |                                                        |  |  |  |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,x})$                                    | 21,075 |                                                        |  |  |  |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$                      | 0,143  |                                                        |  |  |  |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$                      | 0,046  |                                                        |  |  |  |

### Calculation logarithmic decrement of damping

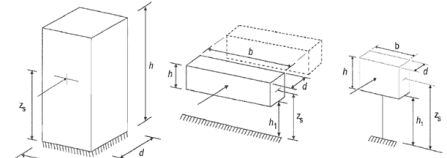
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| $\delta_s =$                                                                     | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_1 \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_g}$ | 0,51  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_a =$                                                                     | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,557 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd\*cs

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)}$ | <b>0,847</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.      b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.      c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.

k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation

f<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4

B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface

R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode

NOTE 1 The site factor c<sub>s</sub> takes into account the reduction effect on the wind action due to the non-simultaneity of occurrence of the peak wind pressures on the surface and may be obtained from Expression (6.2)

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>d</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3)

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An iterative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
- only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.

NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

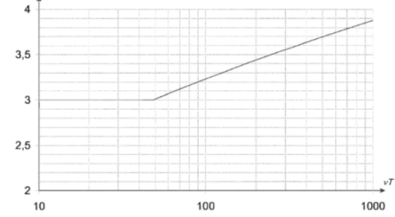


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

v is the up-crossing frequency given in (4)

T is the averaging time for the mean wind velocity. T = 600 seconds.

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                                   | structural damping, δ <sub>s</sub>                                            |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                                     | 0,10                                                                          |
| steel buildings                                                                   | 0,05                                                                          |
| mixed structures concrete + steel                                                 | 0,08                                                                          |
| reinforced concrete towers and chimneys                                           | 0,03                                                                          |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation                   | 0,012                                                                         |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation                       | 0,020                                                                         |
| steel stack with one liner with external thermal insulation <sup>a</sup>          | h/b < 18: 0,020<br>20 ≤ h/b ≤ 24: 0,040                                       |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation <sup>a</sup> | h/b ≤ 26: 0,014<br>h/b > 18: 0,020<br>20 ≤ h/b ≤ 24: 0,040<br>h/b ≥ 26: 0,025 |
| steel stack with internal brick liner                                             | 0,070                                                                         |
| steel stack with internal gunite                                                  | 0,030                                                                         |
| coupled stacks without liner                                                      | 0,015                                                                         |
| guyed steel stack without liner                                                   | 0,04                                                                          |
| steel bridges                                                                     | welded: 0,02<br>high resistance bolts: 0,03<br>ordinary bolts: 0,05           |
| lattice steel towers                                                              | 0,05                                                                          |
| composite bridges                                                                 | 0,04                                                                          |
| concrete bridges                                                                  | prestressed without cracks: 0,04<br>with cracks: 0,10                         |
| Timber bridges                                                                    | 0,06 - 0,12                                                                   |
| Bridges, aluminium alloys                                                         | 0,02                                                                          |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                                        | 0,04 - 0,08                                                                   |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                                        | parallel cables: 0,005<br>spiral cables: 0,020                                |

## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for downwind ( $\alpha=30^\circ$ )

### Geometrical and mechanical characteristics

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | = Terrain category                                                          |
| z <sub>s</sub> = 4,450                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (m) reference height of the structure                                       |
| z <sub>0</sub> = 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | (m)                                                                         |
| z <sub>0,ref</sub> = 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (m)                                                                         |
| <b>V<sub>a</sub>= 15</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | <b>(m/s) mean wind velocity</b>                                             |
| ρ= 1,2070                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                            |
| <b>C<sub>f</sub>= 1,800</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | <b>force coefficient for the structure (Section 7)</b>                      |
| C <sub>g</sub> = 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | orography factor                                                            |
| Massa del 1° modo = 65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4. |
| I <sub>v</sub> = 0,256                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | turbulence intensity                                                        |
| $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z \leq z_{0,ref}$ $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \cdot \ln(z/z_0) \quad \text{for } z > z_{0,ref}$ <p>where:</p> <p>k<sub>1</sub> is the turbulence factor. The value of k<sub>1</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k<sub>1</sub> is 1.0.</p> <p>c<sub>0</sub> is the orography factor as described in 4.3.3</p> <p>z<sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1</p> |                                                                             |

### Wind turbulence

|                                                                                                               |                                            |                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|
| $L(z) = L_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^{\alpha}$ for $z > z_{0,ref}$                                    | 38,742                                     | Turbulent length scale                 |
| $L(z) = L(z_{0,ref})$ for $z < z_{0,ref}$                                                                     |                                            |                                        |
| Lt= 300                                                                                                       | m                                          |                                        |
| zt= 200                                                                                                       | m                                          |                                        |
| $S_z(z, n) = \frac{n \cdot S_z(z, n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot f_z(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_z(z, n))^2}$ | 0,0263                                     | non dimensional power spectral density |
| <b>T= 0,21</b>                                                                                                | <b>Fundamental period of the structure</b> |                                        |
| n= 4,76                                                                                                       | natural frequency of the structure in Hz   |                                        |
| $f_z(z, n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_a(z)}$                                                                     | 12,299                                     | non dimensionale frequency             |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                        |                                         |                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}}$ | 0,636                                   | background factor |
| <b>b= 14,432</b>                                                       | <b>(m) length tracker - see fig.6.1</b> |                   |
| <b>h= 4,432</b>                                                        | <b>(m) width tracker - see fig.6.1</b>  |                   |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                        |                                                        |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$      | 3,279                                                  |                              |
| T= 600                                                                                 | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |                              |
| $v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                           | 0,194                                                  | is the up-crossing frequency |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_1, n_1) \cdot R_b(z_1) \cdot R_b(z_1)$ | 0,001                                                  | Resonance response factor    |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 6,472                                                  |                              |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 21,075                                                 |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$            | 0,143                                                  |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$            | 0,046                                                  |                              |

### Calculation logarithmic decrement of damping

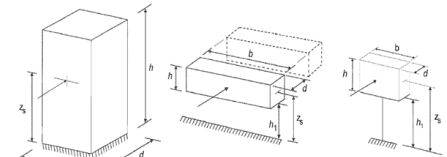
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| $\delta_s =$                                                                     | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_1 \cdot \rho \cdot b \cdot V_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_a}$ | 0,76  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_g =$                                                                     | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,810 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd\*cs

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)}$ | <b>0,838</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.      b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.      c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

- z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.
- k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation
- f<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4
- B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface
- R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>d</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3):

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An alternative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) If Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
- only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.

NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

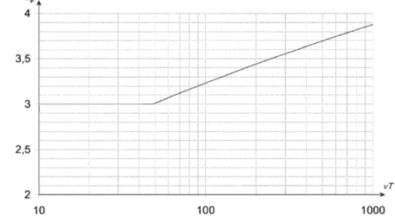


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                       | structural damping, δ <sub>s</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                         | 0,10                               |
| steel buildings                                                       | 0,05                               |
| mixed structures concrete + steel                                     | 0,08                               |
| reinforced concrete towers and chimneys                               | 0,03                               |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation       | 0,012                              |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation           | 0,020                              |
| steel stack with one liner with external thermal insulation*          | 0,020                              |
| 20: h/b < 24                                                          | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,014                              |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation* | 0,020                              |
| 20: h/b < 24                                                          | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,005                              |
| steel stack with internal brick liner                                 | 0,070                              |
| steel stack with internal gunite                                      | 0,030                              |
| coupled stacks without liner                                          | 0,015                              |
| guyed steel stack without liner                                       | 0,04                               |
| welded                                                                | 0,02                               |
| steel bridges                                                         | 0,03                               |
| + lattice steel towers                                                | 0,05                               |
| high resistance bolts                                                 | 0,05                               |
| ordinary bolts                                                        | 0,04                               |
| composite bridges                                                     | 0,04                               |
| concrete bridges                                                      | 0,10                               |
| prestressed without cracks                                            | 0,04                               |
| with cracks                                                           | 0,10                               |
| Timber bridges                                                        | 0,06 - 0,12                        |
| Bridges, aluminium alloys                                             | 0,02                               |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                            | 0,04 - 0,08                        |
| cables                                                                | 0,006                              |
| parallel cables                                                       | 0,006                              |
| spiral cables                                                         | 0,020                              |

## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for upwind ( $\alpha=55^\circ$ )

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                             |  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--|
| <b>1.41</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                                                             |  |
| III                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | = Terrain category                                                          |  |
| z <sub>s</sub> = 4,450                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (m) reference height of the structure                                       |  |
| z <sub>0</sub> = 0,1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | (m)                                                                         |  |
| z <sub>0,ref</sub> = 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (m)                                                                         |  |
| <b>V<sub>a</sub>= 15</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | (m/s) mean wind velocity                                                    |  |
| ρ= 1,2070                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                            |  |
| <b>C<sub>f</sub>= 1,410</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | force coefficient for the structure (Section 7)                             |  |
| C <sub>g</sub> = 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | orography factor                                                            |  |
| Massa del 1° modo = 65                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4. |  |
| I <sub>v</sub> = 0,256                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | turbulence intensity                                                        |  |
| $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z_{0,ref} \leq z \leq z_{0,ref}$ $\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z < z_{0,ref}$ <p>where:</p> <p>k<sub>1</sub> is the turbulence factor. The value of k<sub>1</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k<sub>1</sub> is 1.0.</p> <p>c<sub>0</sub> is the orography factor as described in 4.3.3</p> <p>z<sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1</p> |                                                                             |  |

### Wind turbulence

|                                                                                                                   |                                            |                            |                                        |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------|
| $L(z) = L_1 \cdot \left(\frac{z}{z_1}\right)^{\alpha}$                                                            | for $z > z_{0,ref}$                        | 38,742                     | Turbulent length scale                 |
| $L(z) = L(z_{0,ref})$                                                                                             | for $z < z_{0,ref}$                        |                            |                                        |
| Lt= 300                                                                                                           | m                                          |                            |                                        |
| zt= 200                                                                                                           | m                                          |                            |                                        |
| $S_z(z, n) = \frac{n \cdot S_z(z, n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot f_z(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_z(z, n))^{0,5}}$ |                                            | 0,0263                     | non dimensional power spectral density |
| <b>T= 0,21</b>                                                                                                    | <b>Fundamental period of the structure</b> |                            |                                        |
| n= 4,76                                                                                                           | natural frequency of the structure in Hz   |                            |                                        |
| $f_z(z, n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_a(z)}$                                                                         | 12,299                                     | non dimensionale frequency |                                        |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                        |                                         |                   |
|------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left(\frac{b+h}{L(z_s)}\right)^{0,63}}$ | 0,636                                   | background factor |
| <b>b= 14,432</b>                                                       | <b>(m) length tracker - see fig.6.1</b> |                   |
| <b>h= 4,432</b>                                                        | <b>(m) width tracker - see fig.6.1</b>  |                   |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                        |                                                        |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$      | 3,313                                                  |                              |
| T= 600                                                                                 | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |                              |
| $v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                           | 0,217                                                  | is the up-crossing frequency |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_s, n_1) \cdot R_b(z_s) \cdot R_b(z_s)$ | 0,001                                                  | Resonance response factor    |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 6,472                                                  |                              |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 21,075                                                 |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$            | 0,143                                                  |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$            | 0,046                                                  |                              |

### Calculation logarithmic decrement of damping

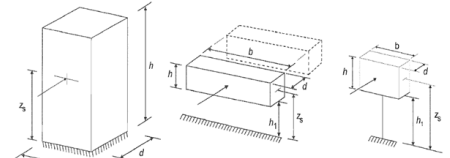
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| logarithmic decrement of structural damping                                      |       |                                                         |
| $\delta_s =$                                                                     | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_t \cdot \rho \cdot b \cdot V_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_g}$ | 0,60  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_g =$                                                                     | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,645 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd\*cs

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)}$ | <b>0,843</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.      b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.      c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

- z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.
- k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation
- f<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4
- B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface
- R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>d</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3):

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An alternative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
- only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.

NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

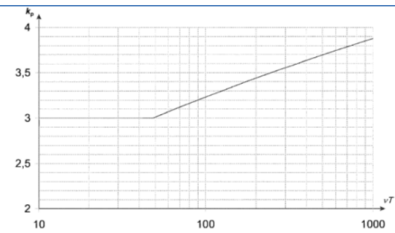


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                       | structural damping, δ <sub>s</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                         | 0,10                               |
| steel buildings                                                       | 0,05                               |
| mixed structures concrete + steel                                     | 0,08                               |
| reinforced concrete towers and chimneys                               | 0,03                               |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation       | 0,012                              |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation           | 0,020                              |
| steel stack with one liner with external thermal insulation*          | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,014                              |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation* | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,005                              |
| steel stack with internal brick liner                                 | 0,070                              |
| steel stack with internal gunite                                      | 0,030                              |
| coupled stacks without liner                                          | 0,015                              |
| guyed steel stack without liner                                       | 0,04                               |
| welded                                                                | 0,02                               |
| steel bridges                                                         | 0,03                               |
| high resistance bolts                                                 | 0,05                               |
| ordinary bolts                                                        | 0,04                               |
| composite bridges                                                     | 0,04                               |
| concrete bridges                                                      | 0,10                               |
| prestressed without cracks                                            | 0,04                               |
| with cracks                                                           | 0,10                               |
| Timber bridges                                                        | 0,06 - 0,12                        |
| Bridges, aluminium alloys                                             | 0,02                               |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                            | 0,04 - 0,08                        |
| cables                                                                | 0,006                              |
| parallel cables                                                       | 0,020                              |
| spiral cables                                                         | 0,020                              |

## Calculation of the structural factor $c_s \cdot c_d$ - for downwind ( $\alpha=55^\circ$ )

### Geometrical and mechanical characteristics

|                             |                                                                             |
|-----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|
| III                         | = Terrain category                                                          |
| z <sub>s</sub> = 4,450      | (m) reference height of the structure                                       |
| z <sub>0</sub> = 0,1        | (m)                                                                         |
| z <sub>0,ref</sub> = 5      | (m)                                                                         |
| <b>V<sub>a</sub>= 15</b>    | <b>(m/s) mean wind velocity</b>                                             |
| ρ= 1,2070                   | (Kg/m <sup>3</sup> ) air density                                            |
| <b>C<sub>f</sub>= 1,755</b> | <b>force coefficient for the structure (Section 7)</b>                      |
| C <sub>g</sub> = 1          | orography factor                                                            |
| Massa del 1° modo = 65      | (Kg) is the equivalent mass per unit length according to EN 1991-1-4 § F.4. |
| I <sub>v</sub> = 0,256      | turbulence intensity                                                        |

$$\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \quad \text{for } z \leq z_{0,ref}$$

$$\frac{f_v(z)}{V_a(z)} = \frac{k_1}{V_a(z)} \cdot \left( \frac{z}{z_{0,ref}} \right)^{0,63} \quad \text{for } z > z_{0,ref}$$

where:

k<sub>1</sub> is the turbulence factor. The value of k<sub>1</sub> may be given in the National Annex. The recommended value for k<sub>1</sub> is 1,0.

c<sub>0</sub> is the orography factor as described in 4.3.3

z<sub>0</sub> is the roughness length, given in Table 4.1

### Wind turbulence

|                                                                                                                    |                                            |        |                                        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------|--------|----------------------------------------|
| $L(z) = L_1 \cdot \left( \frac{z}{z_1} \right)^{0,63}$                                                             | for $z \geq z_{0,ref}$                     | 38,742 | Turbulent length scale                 |
| $L(z) = L(z_{0,ref})$                                                                                              | for $z < z_{0,ref}$                        |        |                                        |
| Lt= 300                                                                                                            | m                                          |        |                                        |
| zt= 200                                                                                                            | m                                          |        |                                        |
| $S_z(z, n) = \frac{n \cdot S_z(z, n)}{\sigma_z^2} = \frac{6,8 \cdot f_z(z, n)}{(1 + 10,2 \cdot f_z(z, n))^{0,63}}$ |                                            | 0,0263 | non dimensional power spectral density |
| <b>T= 0,21</b>                                                                                                     | <b>Fundamental period of the structure</b> |        |                                        |
| n= 4,76                                                                                                            | natural frequency of the structure in Hz   |        |                                        |
| $f_z(z, n) = \frac{n \cdot L(z)}{V_a(z)}$                                                                          |                                            | 12,299 | non dimensionale frequency             |

### Calculation of the background factor B - procedure 1 - Annex B

|                                                                          |                                         |                   |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------|
| $B^2 = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \left( \frac{b+h}{L(z_s)} \right)^{0,63}}$ | 0,636                                   | background factor |
| <b>b= 14,432</b>                                                         | <b>(m) length tracker - see fig.6.1</b> |                   |
| <b>h= 4,432</b>                                                          | <b>(m) width tracker - see fig.6.1</b>  |                   |

### Calculation of the peak factor K<sub>p</sub>

|                                                                                        |                                                        |                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|------------------------------|
| $k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}}$      | 3,282                                                  |                              |
| T= 600                                                                                 | (sec) is the averaging time for the mean wind velocity |                              |
| $v = n_1 \cdot \sqrt{\frac{R^2}{B^2 + R^2}}$                                           | 0,196                                                  | is the up-crossing frequency |
| $R^2 = \frac{\pi^2}{2 \cdot \delta} \cdot S_z(z_s, n_1) \cdot R_b(z_s) \cdot R_b(z_s)$ | 0,001                                                  | Resonance response factor    |
| $\eta_h = \frac{4,6 \cdot h}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 6,472                                                  |                              |
| $\eta_b = \frac{4,6 \cdot b}{L(z_s)} \cdot f_z(z_s, n_{1,s})$                          | 21,075                                                 |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_h} - \frac{1}{2 \cdot \eta_h^2} (1 - e^{-2 \eta_h^2})$            | 0,143                                                  |                              |
| $R_b = \frac{1}{\eta_b} - \frac{1}{2 \cdot \eta_b^2} (1 - e^{-2 \eta_b^2})$            | 0,046                                                  |                              |

### Calculation logarithmic decrement of damping

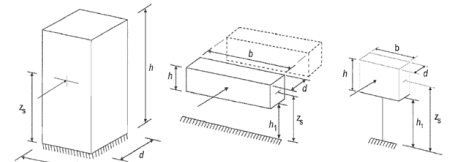
|                                                                                  |       |                                                         |
|----------------------------------------------------------------------------------|-------|---------------------------------------------------------|
| $\delta_s =$                                                                     | 0,05  | logarithmic decrement of structural damping - Table F.2 |
| $\delta_a = \frac{c_t \cdot \rho \cdot b \cdot v_m(z_s)}{2 \cdot n_1 \cdot m_s}$ | 0,74  | logarithmic decrement of aerodynamic damping            |
| $\delta_g =$                                                                     | 0     | when no special device is used.                         |
| $\delta = \delta_s + \delta_a + \delta_g$                                        | 0,791 | logarithmic decrement of damping                        |

### Structural factor cd\*cs

|                                                                                                      |              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)}$ | <b>0,839</b> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|

BS EN 1991-1-4:2005+A1:2010  
EN 1991-1-4:2005+A1:2010 (E)

- a) vertical structures such as buildings etc.
- b) parallel oscillator, i.e. horizontal structures such as beams etc.
- c) pointlike structures such as signboards etc.



NOTE Limitations are also given in 1.1 (2)

$$z_s = 0,6 \cdot h \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

$$z_s = h + \frac{h}{2} \geq z_{0,ref}$$

### 6.3.1 Structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub>

(1) The detailed procedure for calculating the structural factor c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> is given in Expression (6.1). This procedure can only be used if the conditions given in 6.3.1 (2) apply.

$$c_s \cdot c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.1)$$

where:

- z<sub>s</sub> is the reference height for determining the structural factor, see Figure 6.1. For structures where Figure 6.1 does not apply z<sub>s</sub> may be set equal to h, the height of the structure.
- k<sub>p</sub> is the peak factor defined as the ratio of the maximum value of the fluctuating part of the response to its standard deviation
- f<sub>z</sub> is the turbulence intensity defined in 4.4
- B<sup>2</sup> is the background factor, allowing for the lack of full correlation of the pressure on the structure surface
- R<sup>2</sup> is the resonance response factor, allowing for turbulence in resonance with the vibration mode

$$c_s = \frac{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s)} \quad (6.2)$$

NOTE 2 The dynamic factor c<sub>d</sub> takes into account the increasing effect from vibrations due to turbulence in resonance with the structure and may be obtained from Expression (6.3):

$$c_d = \frac{1 + 2 \cdot k_p \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2 + R^2}}{1 + 7 \cdot f_z(z_s) \cdot \sqrt{B^2}} \quad (6.3)$$

NOTE 3 The procedure to be used to determine k<sub>p</sub>, B and R may be given in the National Annex. A recommended procedure is given in Annex B. An alternative procedure is given in Annex C. As an indication to the users the differences in c<sub>s</sub>c<sub>d</sub> using Annex C compared to Annex B does not exceed approximately 5%.

(2) Expression (6.1) shall only be used if all of the following requirements are met:

- the structure corresponds to one of the general shapes shown in Figure 6.1,
- only the along-wind vibration in the fundamental mode is significant, and this mode shape has a constant sign.

NOTE The contribution to the response from the second or higher alongwind vibration modes is negligible.

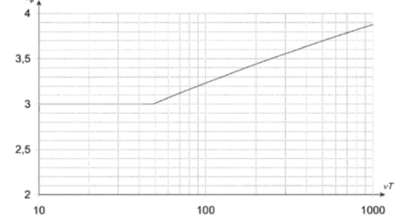


Figure B.2 —Peak factor

$$k_p = \sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)} + \frac{0,6}{\sqrt{2 \cdot \ln(v \cdot T)}} \quad \text{or } k_p = 3 \text{ whichever is larger}$$

where:

Table F.2 —Approximate values of logarithmic decrement of structural damping in the fundamental mode, δ<sub>s</sub>

| Structural type                                                       | structural damping, δ <sub>s</sub> |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------------------|
| reinforced concrete buildings                                         | 0,10                               |
| steel buildings                                                       | 0,05                               |
| mixed structures concrete + steel                                     | 0,08                               |
| reinforced concrete towers and chimneys                               | 0,03                               |
| unlined welded steel stacks without external thermal insulation       | 0,012                              |
| unlined welded steel stack with external thermal insulation           | 0,020                              |
| steel stack with one liner with external thermal insulation*          | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,014                              |
| steel stack with two or more liners with external thermal insulation* | 0,020                              |
| 20:h/b < 24                                                           | 0,040                              |
| h/b ≥ 26                                                              | 0,005                              |
| steel stack with internal brick liner                                 | 0,070                              |
| steel stack with internal gunite                                      | 0,030                              |
| coupled stacks without liner                                          | 0,015                              |
| guyed steel stack without liner                                       | 0,04                               |
| welded                                                                | 0,02                               |
| steel bridges                                                         | 0,03                               |
| + lattice steel towers                                                | 0,05                               |
| high resistance bolts                                                 | 0,05                               |
| ordinary bolts                                                        | 0,04                               |
| composite bridges                                                     | 0,04                               |
| concrete bridges                                                      | 0,10                               |
| prestressed without cracks                                            | 0,04                               |
| with cracks                                                           | 0,10                               |
| Timber bridges                                                        | 0,06 - 0,12                        |
| Bridges, aluminium alloys                                             | 0,02                               |
| Bridges, glass or fibre reinforced plastic                            | 0,04 - 0,08                        |
| cables                                                                | 0,006                              |
| parallel cables                                                       | 0,006                              |
| spiral cables                                                         | 0,020                              |

**FORCE COEFFICIENT**

The force coefficients are determined in according to the Eurocode 1, EN1991 – 1 – 1 – 4: 2010, for the configuration with angle inclination  $-30^{\circ} < \alpha < +30^{\circ}$ .

For the angle  $-55^{\circ} < \alpha < -30^{\circ}$  and  $30^{\circ} < \alpha < 55^{\circ}$ , configurations for which there are no values reported in the European structural codes, the  $C_p$  is determined in according to a fluid dynamic study named “*Aerodynamic performance of a solar tracker panel with a  $\pm 55^{\circ}$  inclination angle w.r.t. the ground*”.



$C_{pb}$  and  $C_{ps}$  for Configurations (A) and (B) with angle of inclination  $-30^\circ < \alpha < 30^\circ$ .

La condizione  $\phi=1$  è sostanzialmente diversa da quella prevista per gli edifici in quanto l'eventuale ostruzione può essere offerta anche da elementi che non delimitano completamente e permanentemente lo spazio al di sotto della tettoia.

A valle della massima ostruzione si adotta  $\phi=0$ .

Le azioni aerodinamiche esercitate dal vento sulle tettoie dipendono fortemente dal grado di bloccaggio in quanto la presenza di un'ostruzione, anche soltanto sul lato sottovento, impedisce il passaggio dell'aria al di sotto della tettoia.

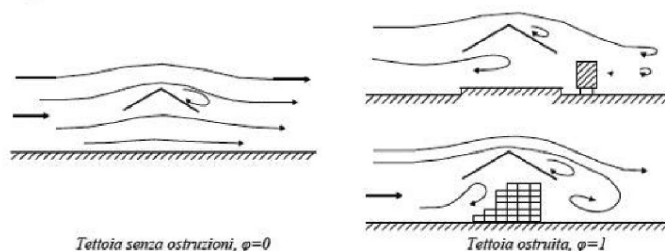


Figura C3.3.20 - Differenze nel flusso dell'aria per tettoie con  $\phi=0$  e  $\phi=1$

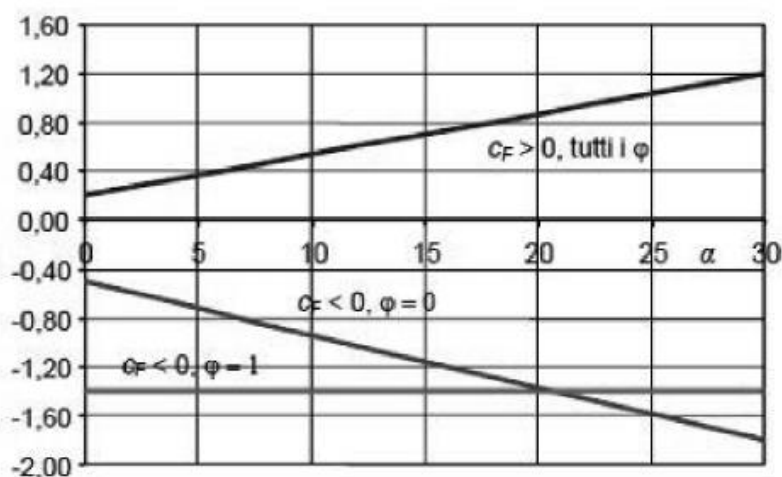
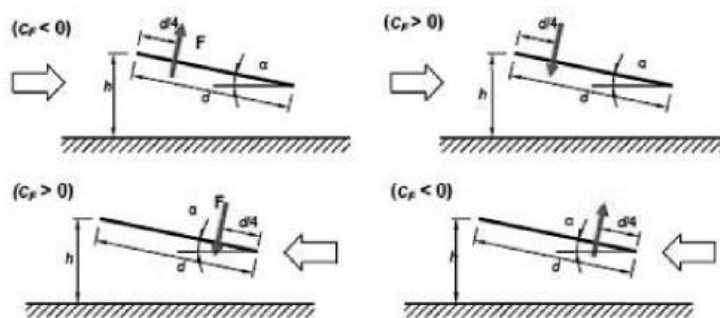


Figura C3.3.21 - Coefficienti di pressione complessiva per tettoie a semplice falda

Tabella C3.3.XV - Coefficienti di forza per tettoie a semplice falda ( $\alpha$  in  $^\circ$ ).

|                 |                          |                                    |
|-----------------|--------------------------|------------------------------------|
| Valori positivi | Tutti i valori di $\phi$ | $c_F = +0,2 + \alpha/30$           |
| Valori negativi | $\phi = 0$               | $c_F = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30$ |
|                 | $\phi = 1$               | $c_F = -1,4$                       |



Tettoie a semplice falda: posizione del punto di applicazione della forza risultante in funzione della direzione di provenienza del vento e della direzione della forza

Figura C3.3.22

**Model A,  $\alpha=0^\circ$**

- $c_{pn,+0^\circ} = 0,2 + \alpha/30 = +0,20$  upwind
- $c_{pn,-0^\circ} = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30 = -0,50$  downwind

**Model B,  $\alpha=30^\circ$**

- $c_{pn,+30^\circ} = 0,2 + \alpha/30 = +1,20$  upwind
- $c_{pn,-30^\circ} = -0,5 - 1,3 \cdot \alpha/30 = -1,80$  downwind



**$C_{pb}$  and  $C_{ps}$  for Configuration (C) with angle of inclination  $\alpha=\pm 55^\circ$ .**

The force coefficient for the structure  $c_f$  for the canopy roofs is given in the report named – “*Aerodynamic performance of a solar tracker panel with a  $\pm 55^\circ$  inclination angle w.r.t. the ground*” by A. Corsini and G. Delibra (Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, 'Sapienza', University of Rome, edition 05/01/2017). In the par. 3 are reported the force coefficients named  $c_p$

**+55° arrangement, Figure 3**

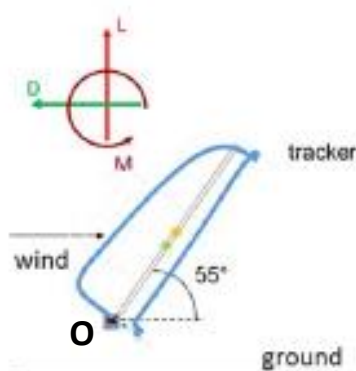


Figure 3 – Reference scheme. Black point: axis origin.  
Green point: center of pressure. Yellow point: geometrical center of the tracker.

$c_p = 1,410$  and coordinates of the center of pressure  $X=0,524\text{m}$ ,  $Y=0,713\text{m}$  respect to point O.

**-55° arrangement, Figure 5**

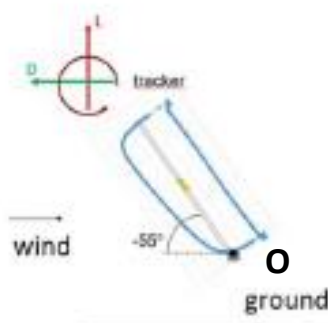
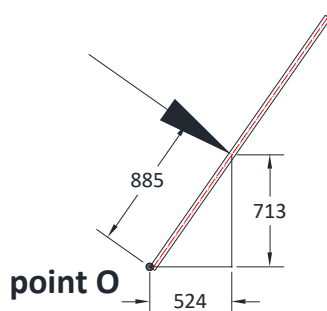


Figure 5 – Reference scheme. Black point: axis origin.  
Green point: center of pressure. Yellow point: geometrical center of the tracker.

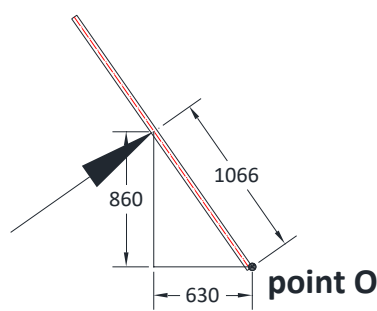
$c_p = -1,755$  and coordinates of the center of pressure  $X=0,630\text{m}$ ,  $Y=0,860\text{m}$  respect to point O.

The application of the wind force  $F_w = p_w \cdot A_{ref}$  is given from the coordinates of the center of pressure contained in the par. 3 of the “Aerodynamic performance of a solar tracker panel with a  $\pm 55^\circ$  inclination angle w.r.t. the ground” by A. Corsini and G. Delibra (Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering, 'Sapienza', University of Rome):

**Model C with  $\alpha = +55^\circ$  - upwind**



**Model C with  $\alpha = -55^\circ$  - downwind**



The panel inserted in the fluid dynamic modeling has a length  $L = 2000\text{mm}$ . Therefore, the eccentricity values are:

–  $\alpha = +55^\circ$ , **direction upwind**  $e = (2000/2 - 885) = 115\text{mm};$

–  $\alpha = -55^\circ$ , **direction downwind**  $e = (2000/2 - 1066) = -66\text{mm};$

The panel used has a length  $L = 2108\text{mm}$ , for this reason, the coordinates of the center of pressure are:

**Model C,  $\alpha = +55^\circ$ , direction upwind**

–  $C_p = +1,410$ ,  $e = 115 \cdot (2108/2000) = 121\text{mm};$

**Model C,  $\alpha = -55^\circ$ , direction downwind**

–  $C_p = -1,755$ ,  $e = -66 \cdot (2108/2000) = -70\text{mm};$

**WIND PRESSURE CALCULATION**

The wind pressure calculation is determined in according to Section 3.3.4 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, based on the following expression

$$P_{w,\alpha} = q_{r,\alpha} \cdot c_e \cdot c_d \cdot c_{pn,\alpha}$$

Therefore, the load conditions are:

**Model A,  $\alpha=0^\circ$** 

- $P_{w,+0^\circ} = q_{r,+0^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,+0^\circ} = 436 \cdot 1,708 \cdot 0,905 \cdot 0,20 = 135 \text{ N/m}^2$  .. (upwind);
- $P_{w,-0^\circ} = q_{r,-0^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,-0^\circ} = -436 \cdot 1,708 \cdot 0,886 \cdot 0,5 = -330 \text{ N/m}^2$  (downwind);

**Model B,  $\alpha=30^\circ$** 

- $P_{w,+30^\circ} = q_{r,+30^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,+30^\circ} = 136 \cdot 1 \cdot 0,847 \cdot 1,20 = 138 \text{ N/m}^2$  ..... (upwind);
- $P_{w,-30^\circ} = q_{r,-30^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,-30^\circ} = -136 \cdot 1 \cdot 0,838 \cdot 1,8 = -205 \text{ N/m}^2$  . (downwind);

**Model C,  $\alpha=55^\circ$** 

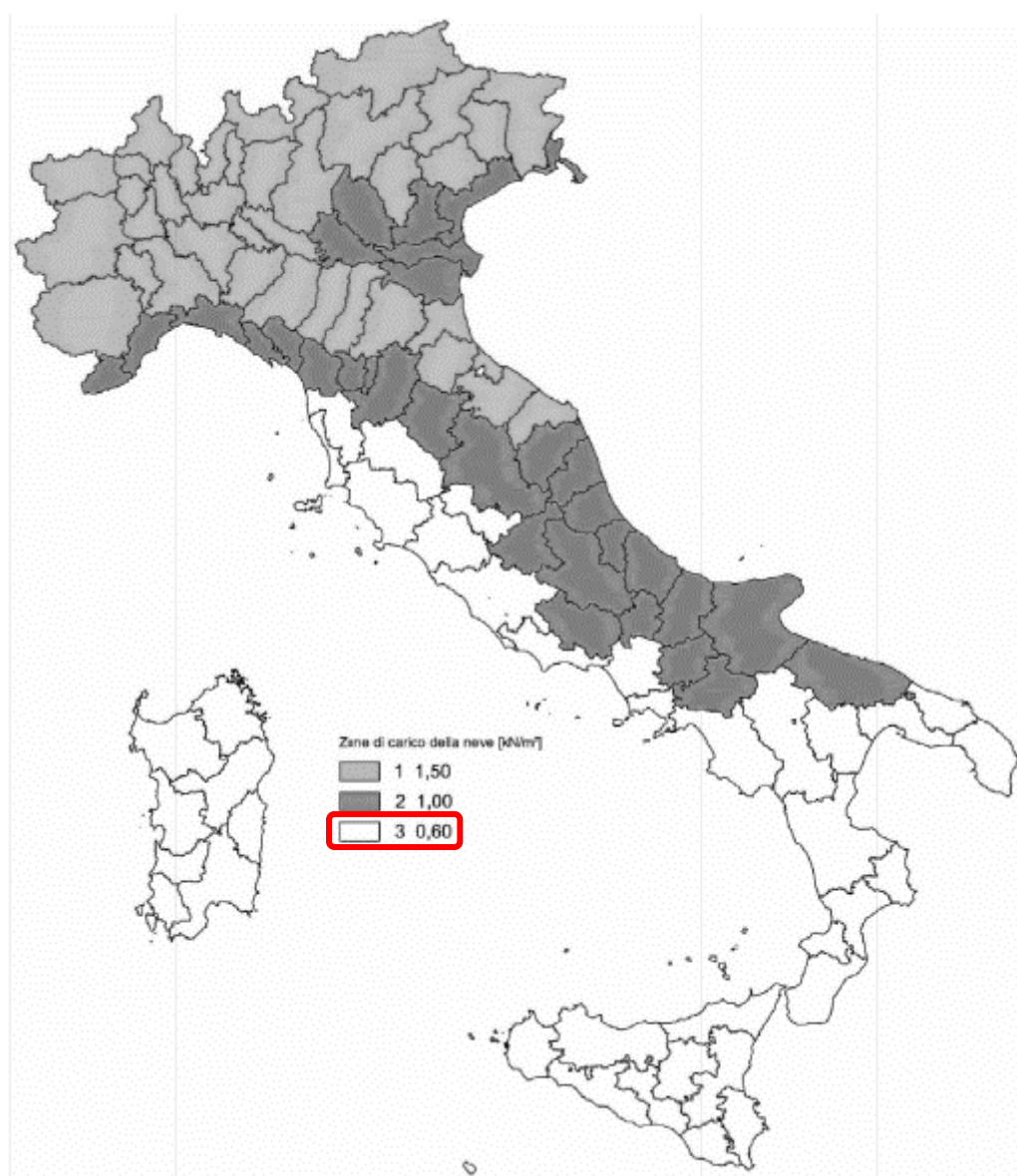
- $P_{w,+55^\circ} = q_{r,+55^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,+55^\circ} = 136 \cdot 1 \cdot 0,843 \cdot 1,410 = 161 \text{ N/m}^2$  ... (upwind);
- $P_{w,-55^\circ} = q_{r,-55^\circ} \cdot c_e \cdot c_s c_d \cdot c_{pn,-55^\circ} = -136 \cdot 1 \cdot 0,839 \cdot 1,755 = -200 \text{ N/m}^2$  (downwind);

## SNOW LOAD

The snow load calculation is determined in according to *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*.

### CHARACTERISTIC SNOW LOAD VALUE

The characteristic snow load value is determined according to *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, with the following Picture:



The site is located in the Zone 3, at an altitude equals to 150 m.

**Zona III**

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastro, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terni, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

$$\begin{aligned}
 q_{sk} &= 0,60 \text{ kN/m}^2 & a_s &\leq 200 \text{ m} \\
 q_{sk} &= 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s &> 200 \text{ m}
 \end{aligned}
 \quad [3.4.5]$$

Therefore, the value is

$$q_{sk} = 600 \text{ N/m}^2$$

According to the Annex D of EN 1991-1-3:2003 it is possible to use a coefficient that takes into account a different return period different from 50 years. For a return period equals to 25 years the characteristics snow load is:

$$s_n = s_k \left\{ \frac{1 - V \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(-\ln(1 - P_n)) + 0,57722]}{(1 + 2,5923V)} \right\}$$

$$\begin{aligned}
 q_{sn} &= q_{sk} \cdot \left\{ \frac{1 - V \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(-\ln(1 - P_n)) + 0,57722]}{(1 + 2,5923V)} \right\} = q_{sk} \cdot \left\{ \frac{1 - 0,6 \frac{\sqrt{6}}{\pi} [\ln(-\ln(1 - 1/25)) + 0,57722]}{(1 + 2,5923 \cdot 0,6)} \right\} \\
 &= 522,7 \text{ N/m}^2
 \end{aligned}$$

**SNOW LOAD SHAPE COEFFICIENT “ $\mu_i$ ”**

The size factor  $\mu_i$  is calculated following the indication of Section 3.4.3 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*.

**Tab. 3.4.II – Valori del coefficiente di forma**

| Coefficiente di forma | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$       | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|-----------------------|-------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| $\mu_i$               | 0,8                                 | $0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$ | 0,0                    |

- Model (A) –  $\alpha=0^\circ$   $\mu = 0,8$ ;
- Model (B) –  $\alpha=30^\circ$   $\mu = 0,8$ ;
- Model (C) –  $\alpha=55^\circ$   $\mu = \frac{0,8 \cdot (60 - \alpha)}{30} = \frac{0,8 \cdot (60 - 55)}{30} = 0,13$ ;

The tracker structure cannot be classified as a standard *monopitch roof* because during a whole day the panels rotate from  $-55^\circ$  to  $+55^\circ$ . For all configurations it is assumed the simplification to use a shape coefficient equal to the average between the values reported for main configuration:

$$\mu = \frac{(0,47 \cdot 25^\circ) + (0,8 \cdot 30^\circ)}{55^\circ} = 0,65$$

### EXPOSURE COEFFICIENT

The exposure coefficient  $c_e$  should be used for determining the snow load on the roof.

According to the table 3.4.I of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, the value is:

$$c_e = 0,9$$

Tab. 3.4.I – Valori di  $C_E$  per diverse classi di esposizione

| Topografia        | Descrizione                                                                                                                                          | $C_E$ |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Battuta dai venti | Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti                                                          | 0,9   |
| Normale           | Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi | 1,0   |
| Riparata          | Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti               | 1,1   |

### THERMAL COEFFICIENT

The thermal coefficient  $c_t$  should be used to account for the reduction of snow loads on the roofs with high thermal transmittance.

According to the chapter 3.4.5 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*, the value is:

$$c_t = 1$$

**SNOW PRESSURE CALCULATION**

The snow pressure calculation is determined in according to the chapter 3.4.1 of the *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*.

$$q_{s,\alpha} = \mu_{i,\alpha} \cdot c_e \cdot c_t \cdot q_{sk}$$

Therefore, for the three different configurations the loads are:

**Model A,  $\alpha=0^\circ$** 

$$- \quad q_{s,0^\circ} = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0,65 \cdot 0,9 \cdot 522,7 = 305,8 \text{ N/m}^2$$

**Model B,  $\alpha=30^\circ$** 

$$- \quad q_{s,30^\circ} = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0,65 \cdot 0,9 \cdot 522,7 = 305,8 \text{ N/m}^2$$

**Model C,  $\alpha=55^\circ$** 

$$- \quad q_{s,55^\circ} = \mu_i \cdot c_e \cdot c_t \cdot s_k = 0,65 \cdot 0,9 \cdot 522,7 = 305,8 \text{ N/m}^2$$



## 4. LOAD COMBINATION

The load combinations are determined in according to *D.M. 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni*.

### ULS

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

**Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

|                                                |             | Coefficiente<br>$\gamma_F$ | EQU | A1  | A2  |
|------------------------------------------------|-------------|----------------------------|-----|-----|-----|
| Carichi permanenti $G_1$                       | Favorevoli  | $\gamma_{G1}$              | 0,9 | 1,0 | 1,0 |
|                                                | Sfavorevoli |                            | 1,1 | 1,3 | 1,0 |
| Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$ | Favorevoli  | $\gamma_{G2}$              | 0,8 | 0,8 | 0,8 |
|                                                | Sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5 | 1,3 |
| Azioni variabili $Q$                           | Favorevoli  | $\gamma_{Qi}$              | 0,0 | 0,0 | 0,0 |
|                                                | Sfavorevoli |                            | 1,5 | 1,5 | 1,3 |

<sup>(1)</sup> 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.

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

| Categoria/Azione variabile                                                                                                                  | $\Psi_{0j}$ | $\Psi_{1j}$ | $\Psi_{2j}$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 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<br>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 $\leq 30$ 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 $\leq 1000$ 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 |

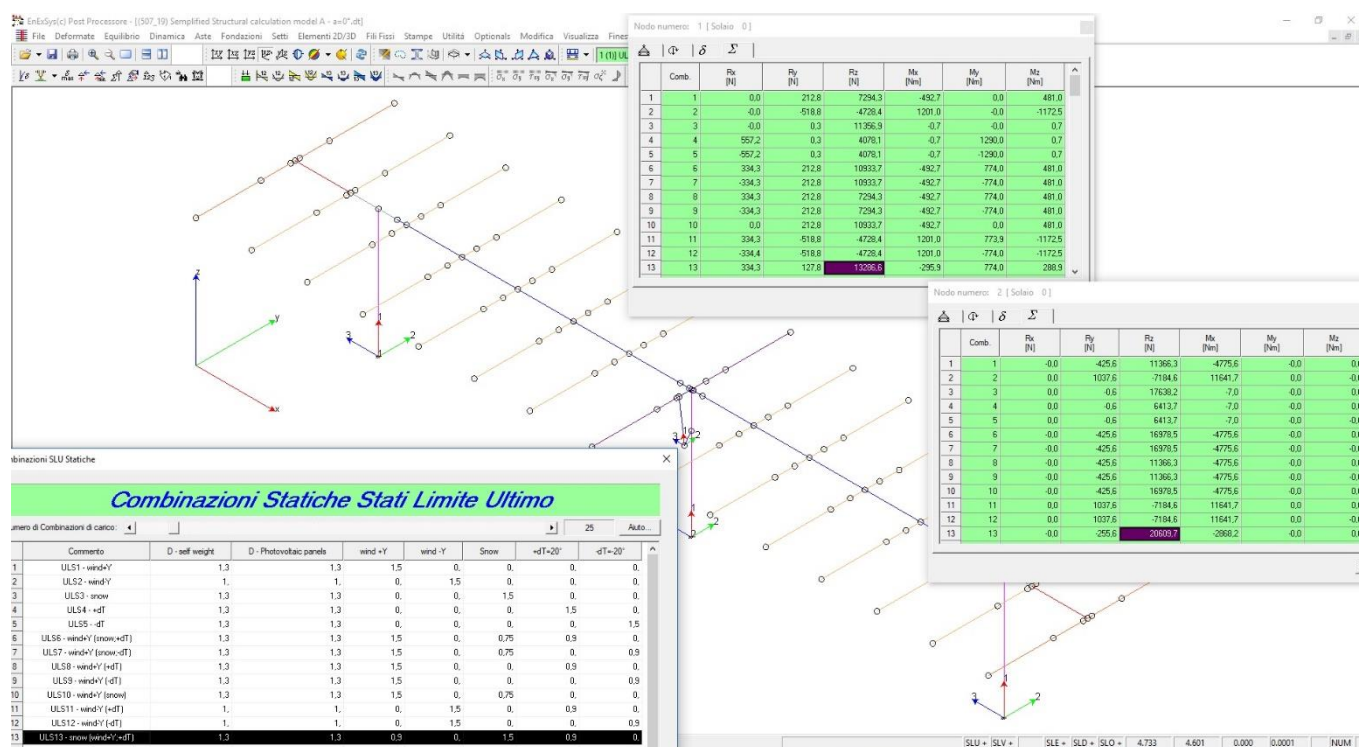
## 5. FORCES AT BASE OF THE PILES

The calculations were made using a Finite Element Model developed through the use of software house EnExSys called Winstrand (version 2015-043).

Through the analysis of the load combinations on the main three models, the worst loads to be used during the Pull-Out Tests result from Model A.

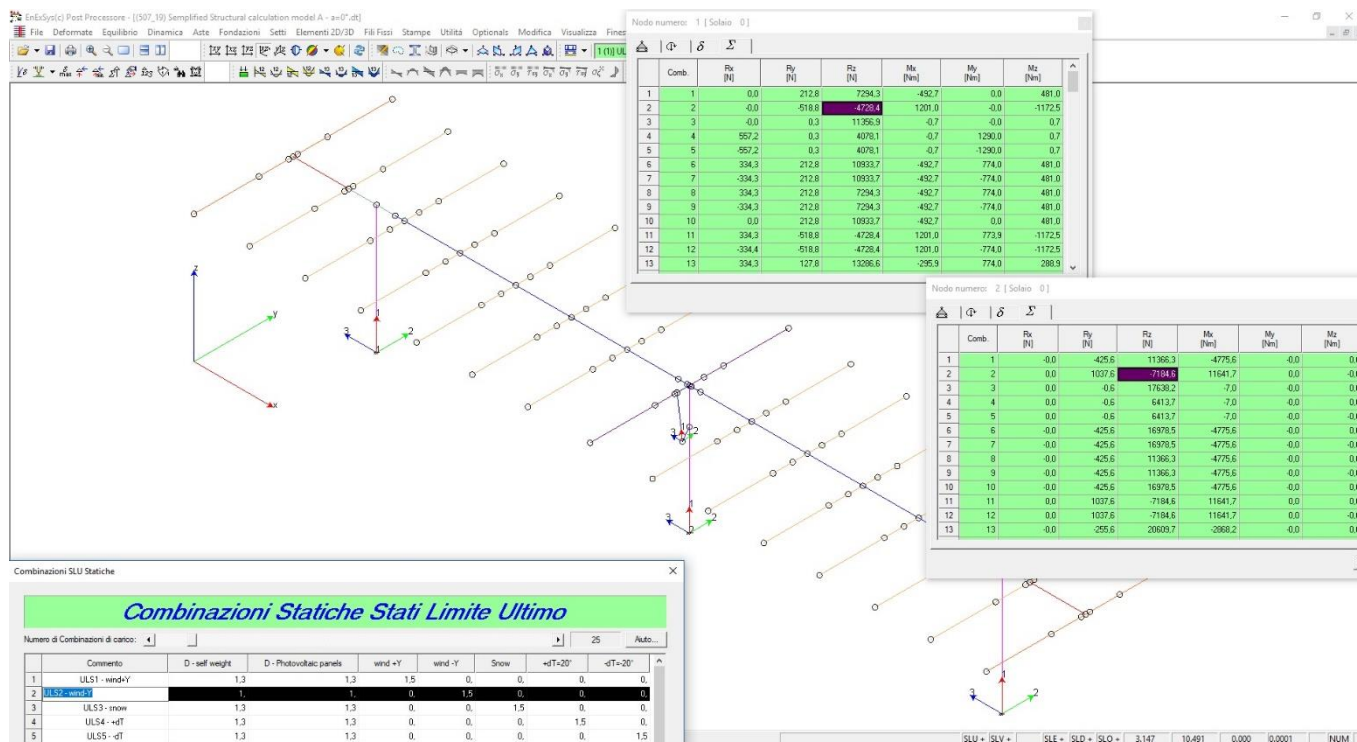
### MODEL (A) – $\alpha=0^\circ$

#### Vertical Normal Force - Compression



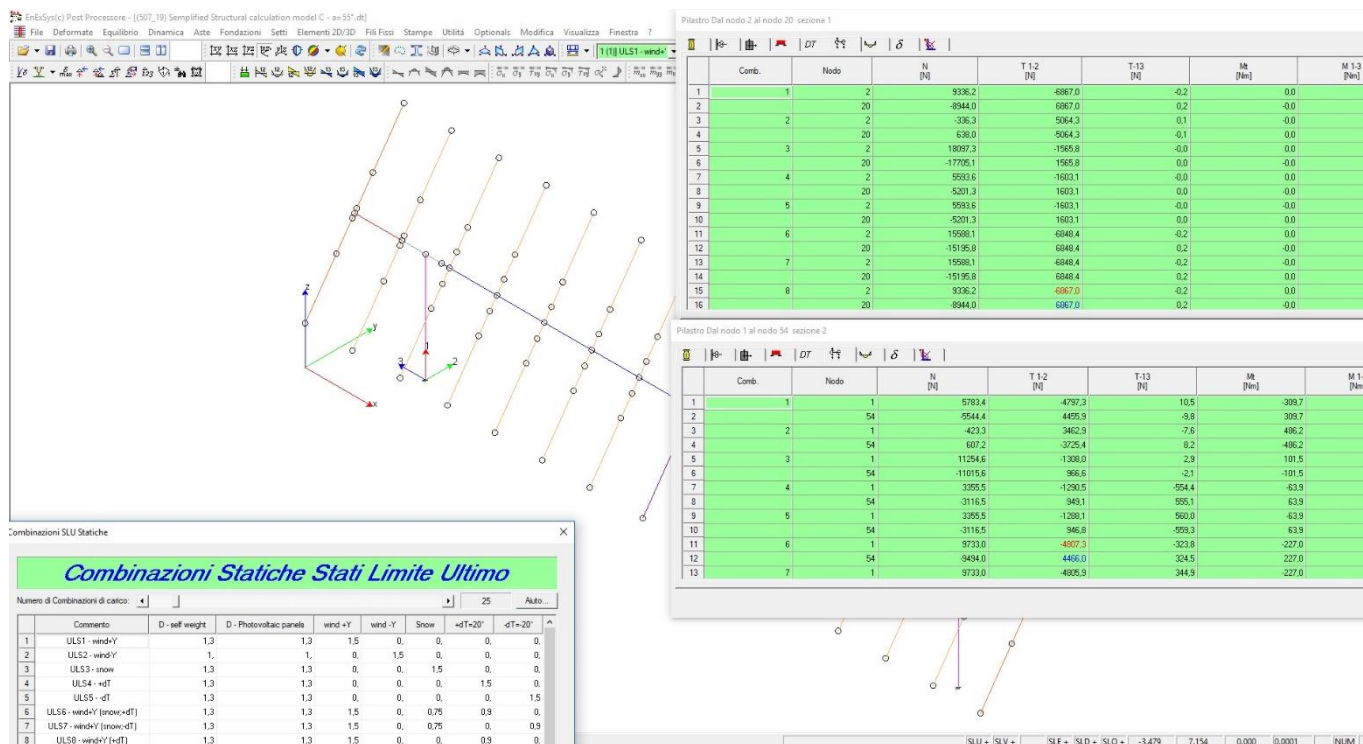
- $N_{max, compr} = 14147,1 \text{ N}$  for LATERAL PILE
- $N_{max, compr} = 21987 \text{ N}$  for CENTRAL MOTOR PILE

**Vertical Normal Force – Traction**



- $N_{max, trac} = -5539,2 \text{ N}$  for LATERAL PILE
- $N_{max, trac} = -8406 \text{ N}$  for CENTRAL MOTOR PILE

## Horizontal Force



- $T_{max} = 4807 \text{ N}$  for LATERAL PILE
- $T_{max} = 6867 \text{ N}$  for CENTRAL MOTOR PILE

Based on the NTC-2018 indications, if only extraction load tests are carried out (Vertical Normal Force – Traction) with a minimum of 5 tests, then the design load must be increased by the coefficient indicated in paragraph 6.4.3.1.1.

#### 6.4.3.1.1 Resistenze di pali soggetti a carichi assiali

Il valore di progetto  $R_d$  della resistenza si ottiene a partire dal valore caratteristico  $R_k$  applicando i coefficienti parziali  $\gamma_R$  della Tab. 6.4.II.

Tab. 6.4.II – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  da applicare alle resistenze caratteristiche a carico verticale dei pali

| Resistenza               | Simbolo       | Pali infissi (R3) | Pali trivellati (R3) | Pali ad elica continua (R3) |
|--------------------------|---------------|-------------------|----------------------|-----------------------------|
|                          | $\gamma_R$    |                   |                      |                             |
| Base                     | $\gamma_b$    | 1,15              | 1,35                 | 1,3                         |
| Laterale in compressione | $\gamma_s$    | 1,15              | 1,15                 | 1,15                        |
| Totale (*)               | $\gamma$      | 1,15              | 1,30                 | 1,25                        |
| Laterale in trazione     | $\gamma_{st}$ | 1,25              | 1,25                 | 1,25                        |

(\*) da applicare alle resistenze caratteristiche dedotte dai risultati di prove di carico di progetto.

- (a) Se il valore caratteristico della resistenza a compressione del palo,  $R_{c,k}$ , o a trazione,  $R_{t,k}$ , è dedotto dai corrispondenti valori  $R_{c,m}$  o  $R_{t,m}$  ottenuti elaborando i risultati di una o più prove di carico di progetto, il valore caratteristico della resistenza a compressione e a trazione è pari al minore dei valori ottenuti applicando al valore medio e al valore minimo delle resistenze misurate i fattori di correlazione  $\xi$  riportati nella Tab. 6.4.III, in funzione del numero  $n$  di prove di carico su pali pilota:

$$R_{c,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{c,m})_{\text{media}}}{\xi_1}, \frac{(R_{c,m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\} \quad [6.4.1]$$

$$R_{t,k} = \text{Min} \left\{ \frac{(R_{t,m})_{\text{media}}}{\xi_1}, \frac{(R_{t,m})_{\text{min}}}{\xi_2} \right\} \quad [6.4.2]$$

Tab. 6.4.III - Fattori di correlazione  $\xi$  per la determinazione della resistenza caratteristica a partire dai risultati di prove di carico statico su pali pilota

| Numero di prove di carico | 1    | 2    | 3    | 4    | $\geq 5$ |
|---------------------------|------|------|------|------|----------|
| $\xi_1$                   | 1,40 | 1,30 | 1,20 | 1,10 | 1,0      |
| $\xi_2$                   | 1,40 | 1,20 | 1,05 | 1,00 | 1,0      |

According to the indications previously reported, the maximum forces which must be applied for pull-out tests are:

- **Maximus Vertical Normal Force – Traction:**

$$N_{\text{max, trac. test}} = N_{\text{max mac, trac}} \cdot \gamma_{st}$$

$$N_{\text{max, trac. test}} = -8406 \cdot 1,25 = 10508 \text{ N} = 1072 \text{ kg}$$

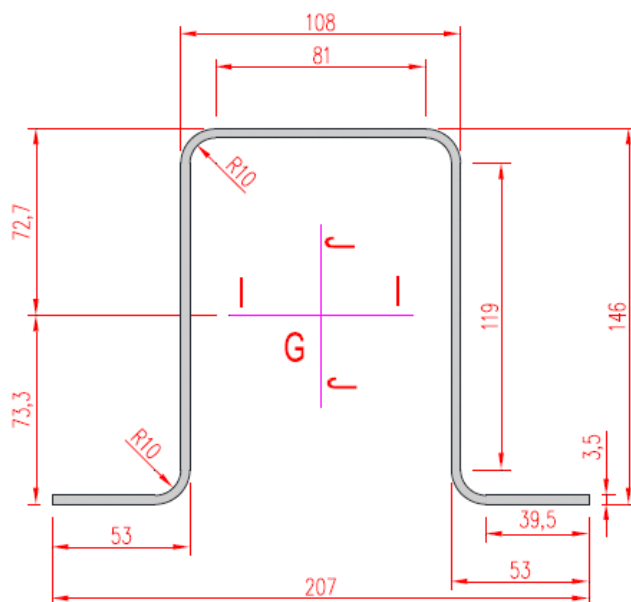
## 6. CALCULATION EMBEDMENT LENGTH OF STEEL PILES

This chapter analyzes geotechnical checks about the piles of the tracker structure.

The calculations are made in base at geological reports.

The calculation of pile embedment length in the ground is made with the software GEOSTRU MP,

The geometric dimensions of the pile are:



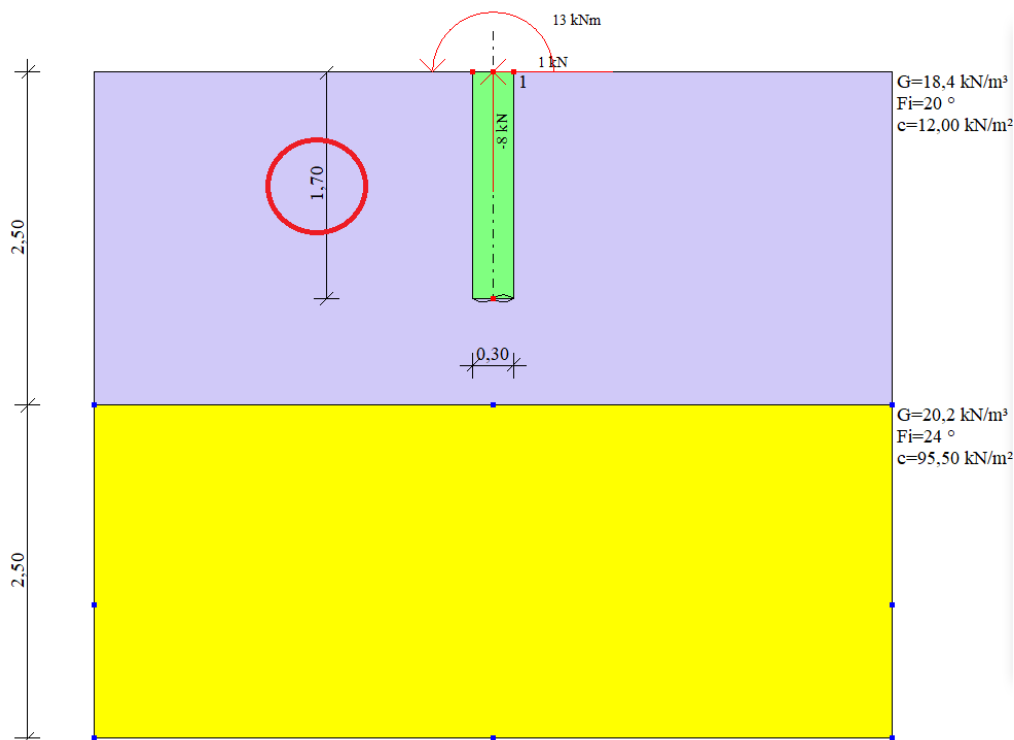
### Inertia Characteristics (dimensions in mm)

- Area: .....1651.3960
- Perimeter: .....950.6549
- Barycenter: X: 0.0000 / Y: 0.0000
- Moments of inertia: X: 4991037.7770 / Y: 5118921.7495
- Products of inertia: .....XY: 0.0000
- Main moments and direction X-Y compared to the barycenter:
  - I: 4991037.7770 lungo [1.0000 0.0000]
  - J: 5118921.7495 lungo [0.0000 1.0000]

For the calculation of resistance shaft load pile, in the software insert the equivalent diameter

$$D_{eq} = 951 / \pi = 303 \text{ mm} \cong 300 \text{ mm}$$

**DESIGN RESISTANCE TO AXIAL LOADS – combination with  $N_{\max}=-8,406\text{kN}$**



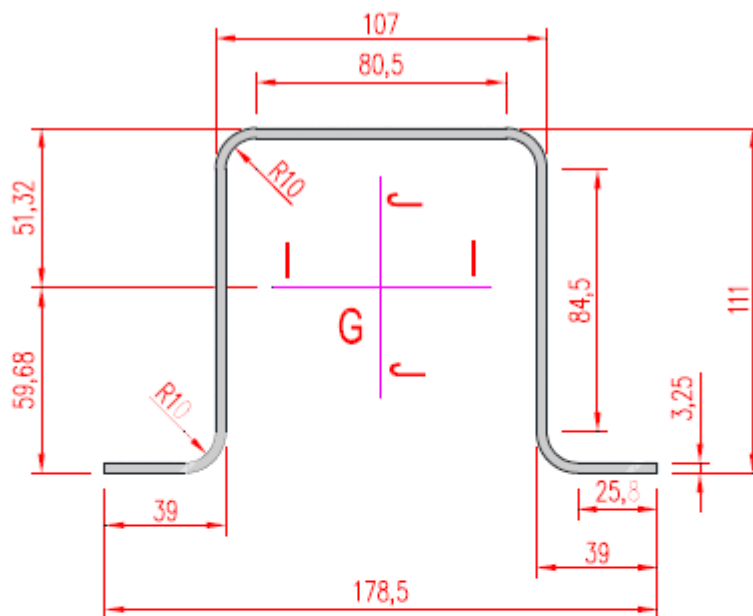
| Portanza formule statiche...       |       |             |    |          |                                     |                |                               |                          |                             |                              |                                |
|------------------------------------|-------|-------------|----|----------|-------------------------------------|----------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Normativa GEO NTC DM 17. Gen. 2018 |       | Descrizione |    | A1+M1+R3 |                                     | Combinazione   |                               | Nmin                     |                             | Opzioni di analisi...        |                                |
| Descrizione                        | D [m] | L [m]       | Nq | Nc       | F/C strato punta Palo (%) / [kN/m²] | Peso palo [kN] | Svl [kN/m²]                   | Carico limite punta [kN] | Carico limite laterale [kN] | Carico limite verticale [kN] | Carico limite orizzontale [kN] |
| A1+M1+R3                           | 0,303 | 1,7         | -- | 9        | --/12,00                            | 0,233849       | 31,195                        | --                       | 18,44787                    | 18,68172                     | 17,12693 [Medio]               |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Rc, Min                       | --                       | 18,45                       | 18,68                        | 17,13                          |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Rc, Max                       | --                       | 18,45                       | 18,68                        | 17,13                          |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Rc, Med                       | --                       | 18,45                       | 18,68                        | 17,13                          |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Rk                            | --                       | 11,53                       | 11,68                        | 10,70                          |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Rd [R3]                       | --                       | 9,22                        | 9,46                         | 6,69                           |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Fattore sicurezza verticale   |                          |                             |                              | 1,13                           |
|                                    |       |             |    |          |                                     |                | Fattore sicurezza orizzontale |                          |                             |                              | 5,62                           |

The calculated embedment length is  $L_{emb} = 1700 \text{ mm}$ .



## CALCULATION OF EQUIVALENT EMBEDMENT LENGTH FOR ANOTHER STEEL PILE

Following the study of the pile test geometry already made to perform the pull-out tests.



### Inertia Characteristics (dimensions in mm)

- Area: ..... 1215.6366
- Perimeter: ..... 754.5841
- Barycenter: ..... X:0.0000  
..... Y: 0.0000
- Moments of inertia: X: 2140684.8592 / Y: 3251510.0124
- Products of inertia: ..... XY: 0.0000
- Main moments and direction X-Y compared to the barycenter:  
I: 2140684.8592 lungo [1.0000 0.0000]  
J: 3251510.0124 lungo [0.0000 1.0000]

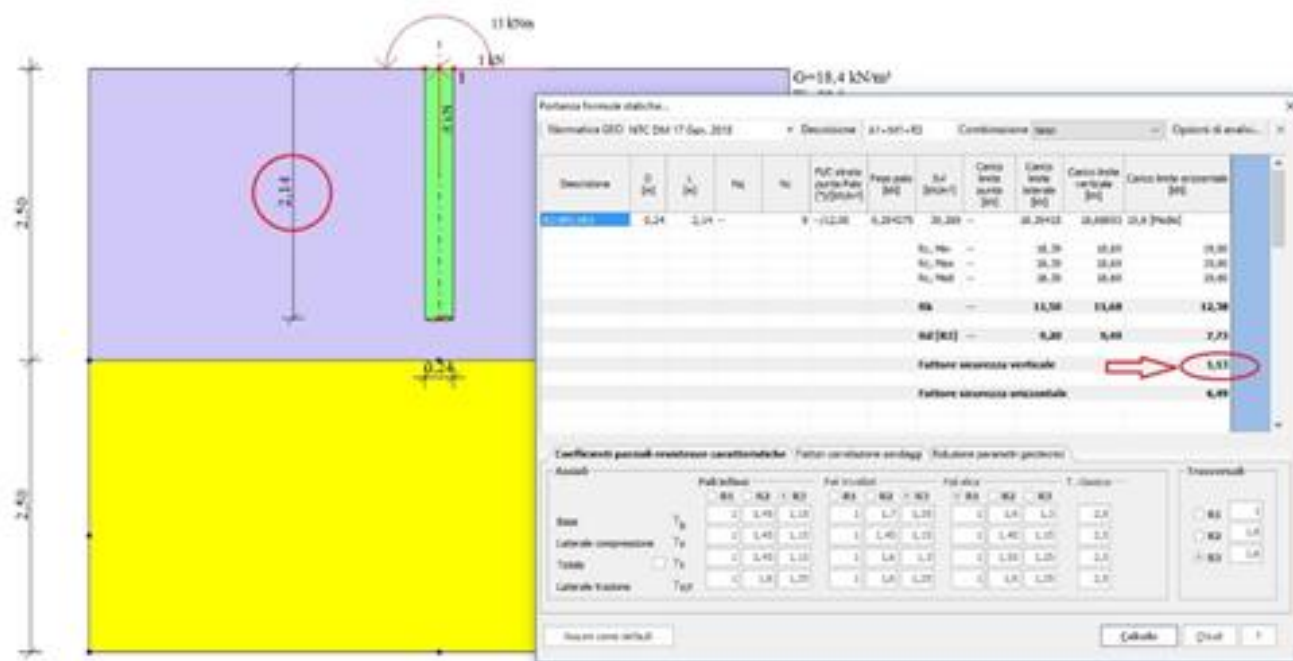
For the calculation of resistance shaft load pile, in the software insert the equivalent diameter

$$D_{eq} = 754,6/\pi = 240,2mm \cong 240mm$$

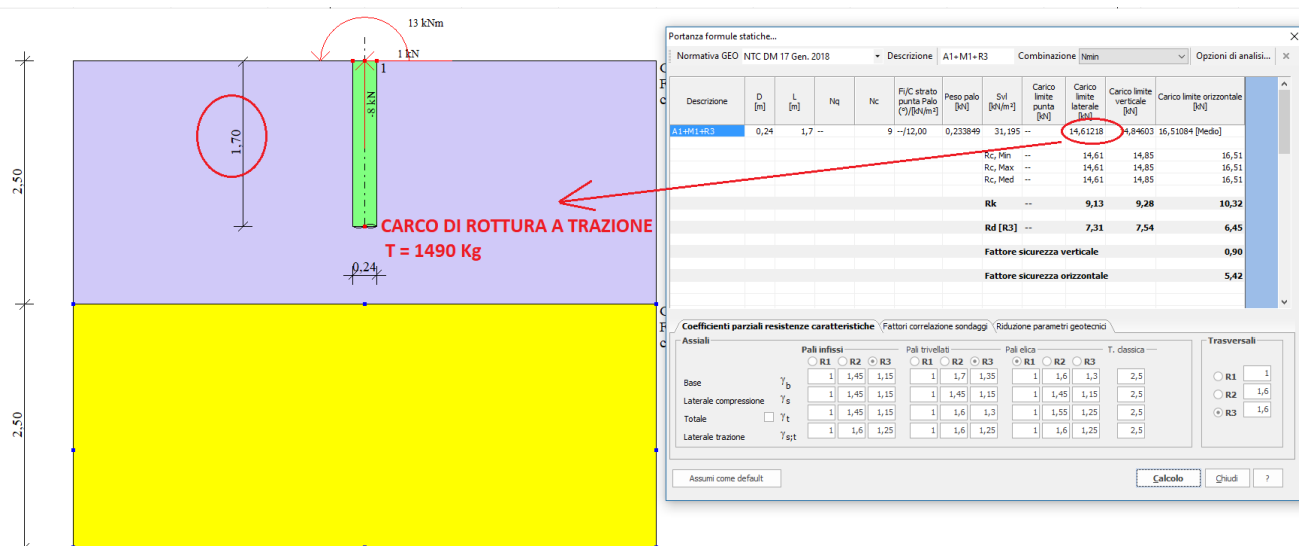
The equivalent embedment length for this new pile shape is:

$$L_{emb,eq} = \left( \frac{P_{design}}{P_{test}} \right) \cdot L_{emb} = \left( \frac{\pi \cdot \phi_{eq}}{\pi \cdot \phi_{eq}} \right) \cdot 1700 = \left( \frac{\pi \cdot 303}{\pi \cdot 240} \right) \cdot 1700 = 2146mm$$

The demonstration of this assumption is the perfect correspondence of the safety factor between the two equivalent cases.



In order to use the same design embedment length and obtain the same safety factor, it was decided to use an increased extraction load test in order to achieve consistent result.



Therefore, the calculated embedment length is  $L_{emb} = 1700 \text{ mm}$  and the equivalent Maximus Vertical Normal Force (Traction) is  $N_{max, trac. test} = 1490 \text{ kg} (\gg N_{max, trac. test} = 1072 \text{ kg})$ .