

Codice	538
Descrizione	LICEO RINALDINI ANCONA Opera di sostegno su Via Michelangelo Progetto strutturale
Committente	Provincia di Ancona Settore III – 3.1 Area edilizia scolastica Responsabile Edilizia scolastica ed istituzionale: Dott. Ing. Alessandra Vallasciani
Via	Via Michelangelo Buonarroti
Comune	Ancona
Progettista	Ing. Moreno Binci
Data	23 07 2025

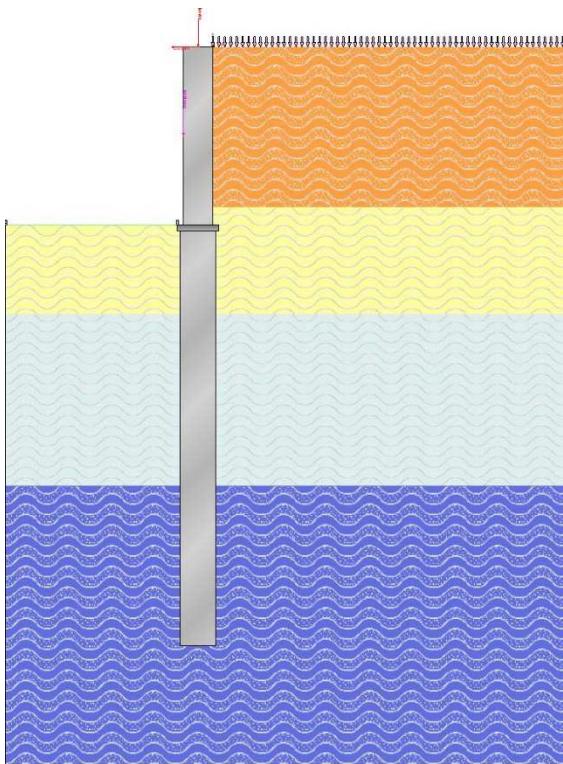
Oggetto	RELAZIONE di CALCOLO: Verifica stabilità globale
Allegati	-

RELAZIONE DI CALCOLO

VERIFICA STABILITÀ GLOBALE	3
Strati	3
- Riassunto verifiche	3
- Terreno	3
- Profili di Monte e Valle	3
- Strati	4
- Normativa, materiali e modello di calcolo	5
- Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018	5
- Dati di progetto dell'azione sismica:	6
- Caratteristiche dei materiali:	7
- Opzioni di calcolo	7
- Carichi	8
- Carichi sul Terreno	8
- Carichi sulla Struttura	8
- Casi di Carico	9
- Verifiche Geotecniche: stabilità globale	9

VERIFICA STABILITÀ GLOBALE

Strati



- Riassunto verifiche

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva con i fattori di sicurezza minimi (= rapporto R_d/E_d o C_d/E_d) calcolati per tutte le verifiche.

La verifica si intende superata se il valore del rapporto è maggiore o uguale a 1.0.

Le caselle con i trattini indicano che la verifica corrispondente non va svolta per il relativo Caso di Carico.

caso di carico	stabilità globale
1- GEO(SLU_GEO)	21.07
2- SLV_SISMA_SU(SLV)	29.66
3- SLV_SISMA_GIU(SLV)	26.62

- Terreno

- Profili di Monte e Valle

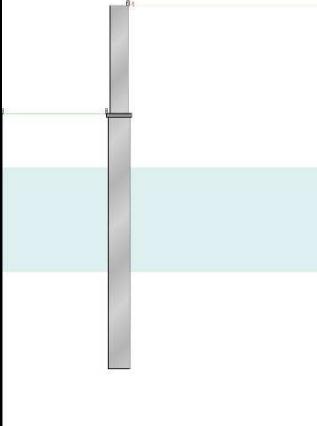
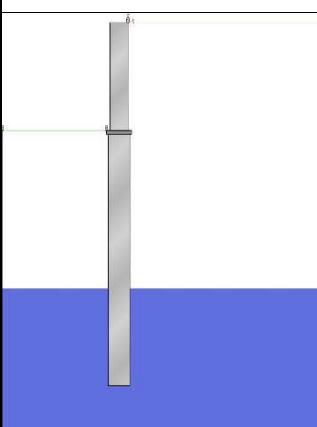
MONTE			-	VALLE		
punto	x [cm]	z [cm]	-	punto	x [cm]	z [cm]

1	0	0	-	1	-60	-300
2	600	0	-	2	-350	-300

Coordinate vertici profilo di monte e di valle.

- Strati

strato e terreno	dati inseriti	disegno strato	coord. (x;z)
<p>- 1 -</p> <p>Strato 1 (riporto)</p> <p>Terreno 1 (coesivo) (riporto)</p> <p>$c' = 0.05 \text{ [daN/cm}^2]$</p> <p>$\gamma = 1800 \text{ [daN/m}^3]$</p> <p>$\phi = 16^\circ$</p> <p>$c_u = 1.41 \text{ [daN/cm}^2]$</p>	<p>$h = 0$</p> <p>$i = 0^\circ$</p>		<p>1 (600;-270)[cm] 2 (600;0)[cm] 3 (0;0)[cm] 4 (0;-270)[cm]</p>
<p>- 2 -</p> <p>Strato 2 (strato 2)</p> <p>Terreno 2 (coesivo) (coltre eluviale)</p> <p>$c' = 0.05 \text{ [daN/cm}^2]$</p> <p>$\gamma = 1800 \text{ [daN/m}^3]$</p> <p>$\phi = 16^\circ$</p> <p>$c_u = 3.34 \text{ [daN/cm}^2]$</p>	<p>$h = -270$</p> <p>$i = 0^\circ$</p>		<p>1 (600;-450)[cm] 2 (600;-270)[cm] 3 (0;-270)[cm] 4 (0;-300)[cm] 5 (10;-300)[cm] 6 (10;-310)[cm] 7 (-60;-310)[cm] 8 (-60;-300)[cm] 9 (-350;-300)[cm] 10 (-350;-450)[cm] 11 (0;-450)[cm]</p>

<p>- 3 -</p> <p>Strato 3 (strato 3) Terreno 3 (coesivo) (formazione alterata) $c' = 0.2 \text{ [daN/cm}^2]$ $\gamma = 2000 \text{ [daN/m}^3]$ $\phi = 22.3^\circ$ $c_u = 4.56 \text{ [daN/cm}^2]$</p> <p>$h = -450$ $i = 0^\circ$</p>		<p>1 (600;-740)[cm] 2 (600;-450)[cm] 3 (0;-450)[cm] 4 (-350;-450)[cm] 5 (-350;-740)[cm] 6 (0;-740)[cm]</p>
<p>- 4 -</p> <p>Strato 4 (strato 4) Terreno 4 (coesivo) (formazione inalterata) $c' = 0.36 \text{ [daN/cm}^2]$ $\gamma = 1600 \text{ [daN/m}^3]$ $\phi = 24^\circ$ $c_u = 5.88 \text{ [daN/cm}^2]$</p> <p>$h = -740$ $i = 0^\circ$</p>		<p>1 (600;-1210)[cm] 2 (600;-740)[cm] 3 (0;-740)[cm] 4 (-350;-740)[cm] 5 (-350;-1210)[cm]</p>

Stratigrafia.

- Normativa, materiali e modello di calcolo

- Norme Tecniche per le Costruzioni 17/01/2018

- Approccio 2

Coeff. sulle azioni	Coeff. proprietà terreno	Coeff. resistenze
<ul style="list-style-type: none"> - permanenti/favorevole = 1 - permanenti/sfavorevole = 1.3 - permanenti non strutturali/favorevole = 0.8 - permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.5 - variabili/favorevole = 0 - variabili/sfavorevole = 1.5 	<ul style="list-style-type: none"> - Coesione = 1 - Angolo di attrito = 1 - Resistenza al taglio non drenata = 1 	<ul style="list-style-type: none"> - Capacità portante = 1.4 - Scorrimento = 1.1 - Resistenza terreno a valle = 1.4 - Ribaltamento = 1.15 - Capacità portante (sisma) = 1.2 - Scorrimento (sisma) = 1 - Resistenza terreno a valle (sisma) = 1.2 - Ribaltamento (sisma) = 1

- combinazione 2 per stabilità globale-

Combinazione 2		
Coeff. sulle azioni	Coeff. proprietà terreno	Coeff. resistenze
<ul style="list-style-type: none"> - permanenti/favorevole = 1 - permanenti/sfavorevole = 1 - permanenti non strutturali/favorevole = 0.8 - permanenti non strutturali/sfavorevole = 1.3 - variabili/favorevole = 0 - variabili/sfavorevole = 1.3 	<ul style="list-style-type: none"> - Coesione = 1.25 - Angolo di attrito = 1.25 - Resistenza al taglio non drenata = 1.4 	<ul style="list-style-type: none"> - Stabilità globale = 1.1 - Stabilità globale (sisma) = 1.2

- Dati di progetto dell'azione sismica:

L'analisi è stata eseguita in condizioni sismiche; parametri scelti :

- località = ANCONA [43.60314700,13.50742700]

- vita nominale = 50 anni

- classe d'uso = III

- SLU = SLV

- SLE = SLD

- categoria di sottosuolo = cat C

- categoria topografica = categoria T1

- ag (SLV) = 1.9935 m/s²

- Fo (SLV) = 2.4744

- ag (SLD) = 0.7045 m/s²

- Fo (SLD) = 2.4855

- beta m (SLV)= 1

- beta m (SLD)= 1

- beta r (SLV)= 1

- beta s (SLV)= 0.38

- beta s (SLV)= 0.47

--> kh (muro,SLV) = 0.2841

--> kv (muro,SLV) = 0.1421

--> kh (muro,SLD) = 0.1077

--> kv (muro,SLD) = 0.0539

--> kh (ribaltamento,SLV) = 0.2841

--> kv (ribaltamento,SLV) = 0.1421

--> kh (pendio,SLV) = 0.108

--> kv (pendio,SLV) = 0.054

--> kh (pendio,SLD) = 0.0506

--> kv (pendio,SLD) = 0.0253

- Caratteristiche dei materiali:

Calcestruzzo	Acciaio
<ul style="list-style-type: none"> - Descrizione = C25/30 - $f_{ck} = 249$ [daN/cm²] - $\gamma_c = 1.5$ - $f_{cd} = 141.1$ [daN/cm²] - $E_{cm} = 314471.61$ [daN/cm²] - $\alpha_{cc} = 0.85$ - $\varepsilon_{c2} = 0.2000$ % - $\varepsilon_{cu2} = 0.3500$ % - γ (p.vol.) = 2500 [daN/m³] 	<ul style="list-style-type: none"> - Descrizione = B450C - $E = 2100000$ [daN/cm²] - $f_{yk} = 4500$ [daN/cm²] - $f_{tk} = 5175$ [daN/cm²] - $\varepsilon_{yd} = 0.1863$ % - $\varepsilon_{ud} = 6.7500$ % - $\gamma_s = 1.15$ - $f_{yd} = 3913.04$ [daN/cm²] - $f_{ud} = 4439.81$ [daN/cm²]

Condizioni ambientali (fusto, monte) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

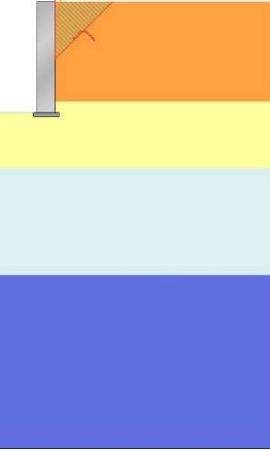
Condizioni ambientali (fusto, valle) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

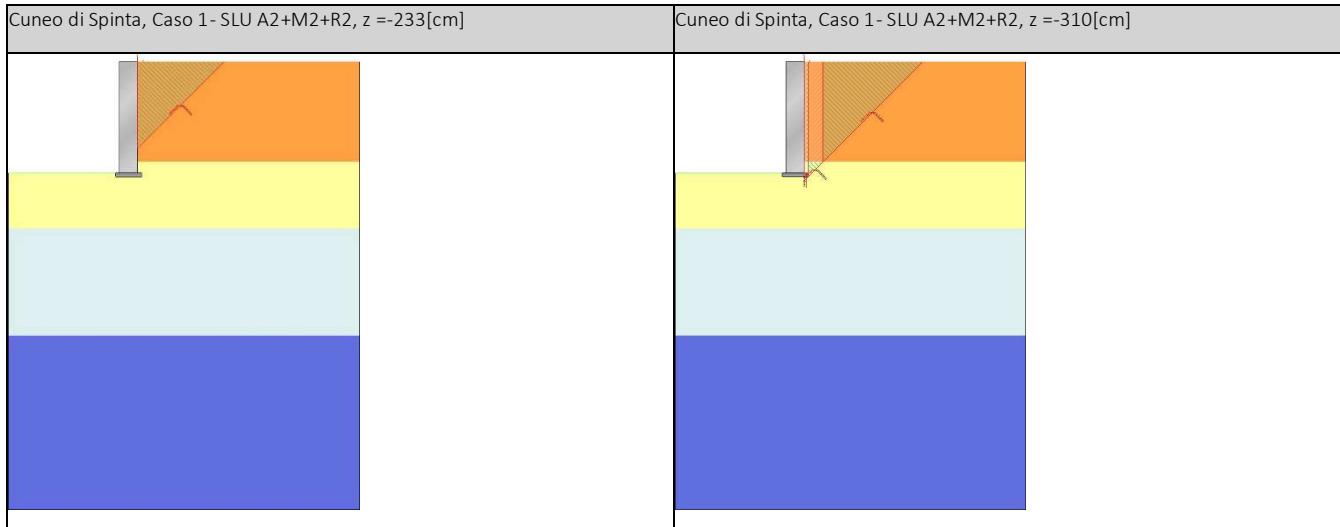
Condizioni ambientali (fondazione) = ordinario (X0, XC1, XC2, XC3).

- Opzioni di calcolo

Spinte calcolate con coefficiente di spinta attiva "ka" (si considera che il muro non sia in grado di subire spostamenti). Il calcolo della spinta è svolto secondo il metodo del cuneo di tentativo generalizzato (Rif.: Renato LANCELLOTTA "Geotecnica" (2004)- NAVFAC Design Manual 7.02 (1986)). Il metodo è iterativo e prevede la suddivisione del terreno a monte dell'opera in poligoni semplici definiti dal paramento, dalla successione stratigrafica e dalla superficie di scivolamento di tentativo. La procedura automatica vaglia numerose superfici di scivolamento ad ogni quota di calcolo lungo il paramento, determinando la configurazione che comporta la spinta massima sull'opera.

- Attrito muro terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza muro terreno / $c' = 0$
- Attrito terreno terreno / $\phi' = 0.67$
- Aderenza terreno terreno / $c' = 0$

Cuneo di Spinta, Caso 1- SLU A2+M2+R2, z = -78[cm]	Cuneo di Spinta, Caso 1- SLU A2+M2+R2, z = -155[cm]
	



La verifica di stabilità globale viene eseguita con i metodi di Fellenius e Bishop semplificato, utilizzando il coefficiente di sicurezza minore.

- Attrito stab. globale / ϕ' o $C_u = 1$

Il calcolo delle sollecitazioni e degli spostamenti dell'opera viene svolto con il metodo degli elementi finiti (FEM). Gli elementi schematizzanti il muro hanno peso e caratteristiche meccaniche proprie dei materiali di cui è costituito. Il terreno spingente (a monte) è rappresentato per mezzo di azioni distribuite applicate sugli elementi. Il terreno di fondazione è rappresentato per mezzo di elementi finiti non-lineari (con parzializzazione), con opportuno coefficiente di reazione alla Winkler in compressione.

- lunghezze aste elevazione = 20 [cm]
- lunghezze aste fondazione = 10 [cm]
- coefficiente di reazione del terreno (Winkler) = 5 [daN/cm³]

- Carichi

- Carichi sul Terreno

- *Carichi Nastriformi:*

Carico 1:

- descrizione = variabile terreno
- tipologia = variabile Categoria C
- estremi (xi;xf) = 0 [cm];600 [cm]
- tipo inserimento = sul profilo
- intensità = 0.02 [daN/cm²]

- Carichi sulla Struttura

- *Carichi in Testa muro:*

In testa al muro è applicata la seguente terna di sollecitazione:

Carico 1:

- descrizione = spinta recinzione
- tipologia = permanente strutturale
- $N = 0$ [daN] a modulo
- $M = 0$ [daN*m] a modulo
- $T = 200$ [daN] a modulo

- *Carichi Puntuali:*

Carico 1:

- descrizione = pp rivestimento
- tipologia = permanente strutturale
- tipo inserimento = sul fusto (estradosso)
- coord. z = 150 cm
- $N = 3800$ [daN] a modulo
- $M = 0$ [daN*m] a modulo
- $T = 0$ [daN] a modulo

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC18 2.5.3]) i casi di tipo: tutti

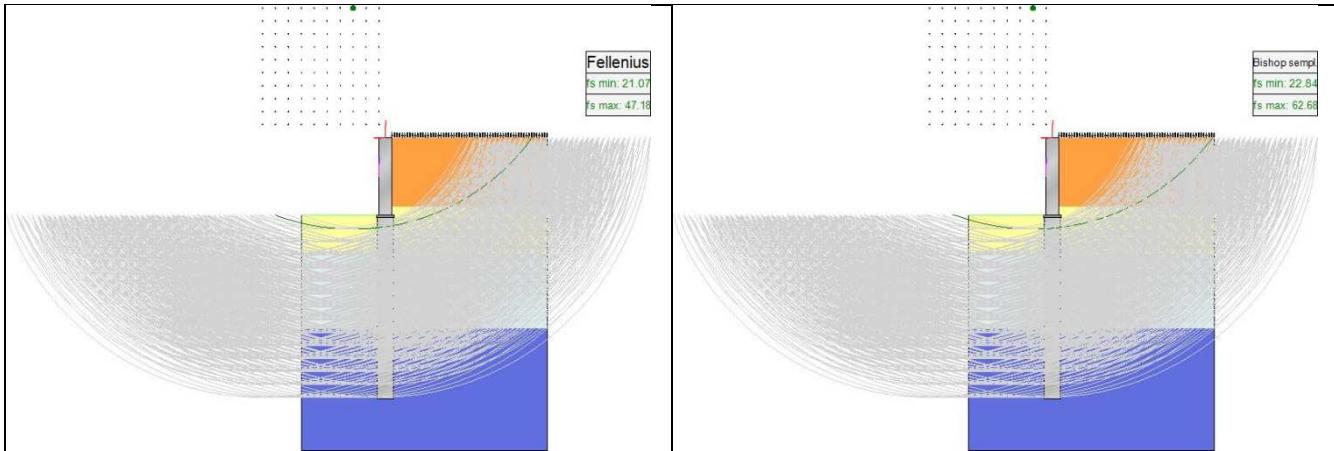
- Casi di Carico

caso	coefficienti per i carichi
GEO (SLU_GEO) descr. = SLU A2+M2+R2 coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter)--- 1) variabile terreno [1.30;-] Car.Pun.(mur)--- 1) spinta recinzione [1.00;-] Car.Pun.(str)--- 1) pp rivestimneto [1.00;-]
SLV_SISMA_SU (SLV) descr. = Sisma_1+1+R_Su coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter)--- 1) variabile terreno [0.60;0.60] Car.Pun.(mur)--- 1) spinta recinzione [1.00;1.00] Car.Pun.(str)--- 1) pp rivestimneto [1.00;1.00]
SLV_SISMA_GIU (SLV) descr. = Sisma_1+1+R_Giu coeff. = 1(pp.), 1(ter.m.), 1(fld.m.)1(ter.cs.), 1(fld.cs.)	Car.Nas.(ter)--- 1) variabile terreno [0.60;0.60] Car.Pun.(mur)--- 1) spinta recinzione [1.00;1.00] Car.Pun.(str)--- 1) pp rivestimneto [1.00;1.00]

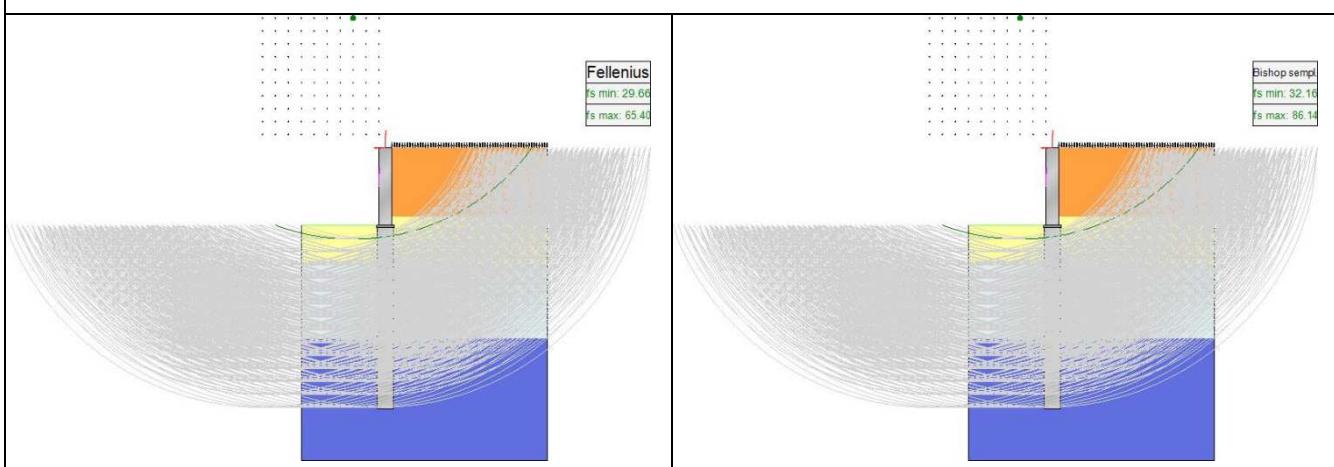
Casi di Carico

- Verifiche Geotecniche: stabilità globale

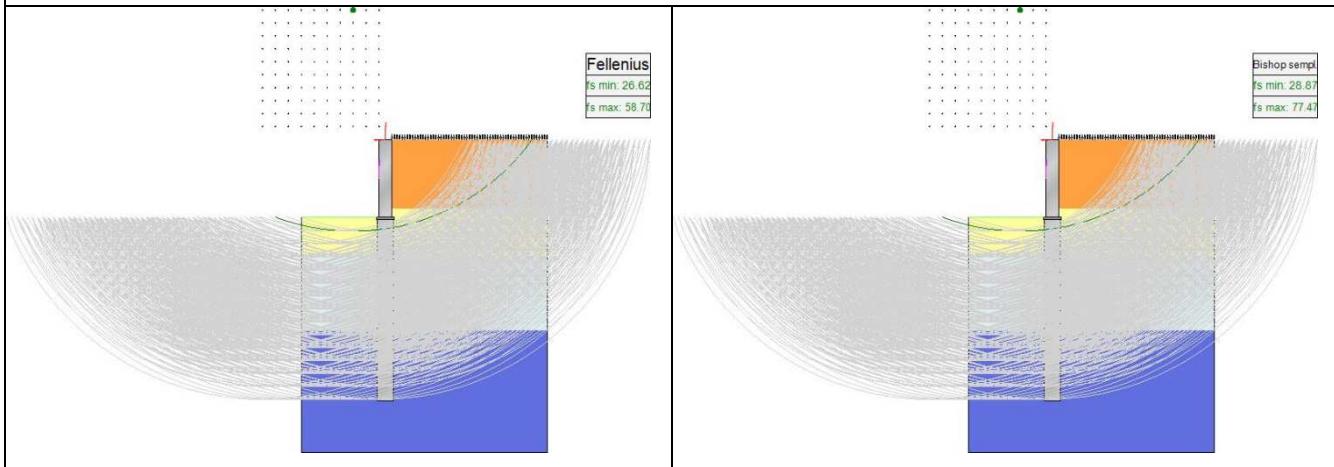
Caso: GEO (SLU_GEO) . Descrizione: SLU A2+M2+R2 . Centro = 93 . fs = 21.07 [\[Verificato\]](#)



Caso: SLV_SISMA_SU (SLV) . Descrizione: Sisma_1+1+R_Su . Centro = 93 . fs = 29.66 [Verificato]



Caso: SLV_SISMA_GIU (SLV) . Descrizione: Sisma_1+1+R_Giu . Centro = 93 . fs = 26.62 [Verificato]



Dettaglio della verifica di stabilità globale.

Castelfidardo, 23 07 2025

IL TECNICO INCARICATO

ing. Moreno Binci

f.to digitalmente