

ISTANZA DI VIA  
AI SENSI DEGLI ARTT. 23-24-25 D.LGs. 152/2006

**PROGETTO DI UN IMPIANTO FOTOVOLTAICO A TERRA e  
relative opere di Connessione  
Potenza Nominale 65,8028 MWp**

**Città Metropolitana di Cagliari - Comuni di Uta e Assemini  
Zona Industriale Macchiareddu CACIP - loc. "Sa Tanca de su Marchesu"**



IDENTIFICATORE

RELAPROG012

SCALA

TITOLO ELABORATO

CALCOLO STRUTTURALE STAZIONE UTENTE  
RELAZIONE DI CALCOLO BASAMENTO TRASFORMATORE DI  
POTENZA MT/AT

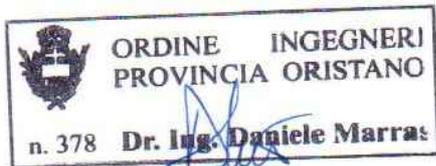


MV PROGETTI s.r.l.  
p.i. 03783170925  
Via Galassi 2, 09131 Cagliari  
Cell. 393.9902969 - 342.0776977

PROGETTISTI

Dott. Ing. Daniele Marras,

Dott. Ing. Lorena Vacca



COMMITTENTE



AGRISARD S.R.L.

VIA FILIPPI, 21  
45021 BADIA POLESINE (RO)  
P.I. 01612830297  
NUMERO REA: RO-438486

DATA

GIUGNO 2023

FASE DI PROGETTO

- STUDIO DI FATTIBILITA'  
 PRELIMINARE  
 DEFINITIVO  
 ESECUTIVO

REVISIONI

REVISIONI

SOMMARIO

1.	GENERALITÀ .....	2
2.	NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....	2
3.	MATERIALI IMPIEGATI.....	3
4.	PERICOLOSITÀ SISMICA .....	3
5.	MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA.....	4
5.1.	DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA.....	4
5.2.	ANALISI DEI CARICHI .....	4
5.2.1.	Permanenti strutturali .....	4
5.2.2.	Permanenti strutturali .....	4
5.2.3.	Variabili .....	5
5.3.	ANALISI SISMICA .....	5
6.	VERIFICHE STRUTTURALI (STR).....	6
6.1.	PARETI (NUCLEI).....	6
6.2.	PLATEA.....	7
6.3.	ASTE IN ACCIAIO.....	8

## 1. GENERALITÀ

La presente relazione descrive tutte le verifiche eseguite per il dimensionamento del basamento per l'appoggio del trasformatore di potenza AT/MT presente all'interno della SSE del Parco Fotovoltaico in progetto, sito a Uta (CA).

La fondazione in oggetto è una vasca formata da una platea di base e pareti contro-terra in c.a. AGGREGATI – NTC 2018 punto 11.2.9.2

La modellazione è stata eseguita con il programma di calcolo strutturale Sismicad, realizzato dalla ditta "Concrete" di Padova, versione 12.15.; Sismicad è un programma di grafica interattiva per la modellazione di strutture intelaiate spaziali costituite da travi, pilastri ed elementi bidimensionali con geometria, carichi e vincoli di qualunque tipo. Il calcolo è affidato a codici di calcolo agli elementi finiti, le strutture in oggetto sono state calcolate con il programma XFINEST della "Ce.A.S. s.r.l." di Milano. Le solette e le pareti sono modellate con elementi bidimensionali opportunamente meshati.

Le verifiche sono condotte secondo l'Approccio 2 (A1+M1+R3). Le strutture risultano tutte ampiamente verificate secondo le normative in vigore.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento risulta essere la seguente:

- ✓ DECRETO 17 gennaio 2018. Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- ✓ Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP recante "Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni";
- ✓ Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni" (D.P.C.M. 12 ottobre 2007);
- ✓ Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale - allineamento alle nuove Norme Tecniche per le costruzioni" (Circolare 26/2010);
- ✓ UNI EN 1998-1 (2005) - Eurocodice 8 – Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1: Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici
- ✓ OPCM n. 3519 del 28.04.2006 – 'Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone'.
- ✓ OPCM n. 3274 del 20.03.2003 – 'Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica' - Allegato 1 – 'Criteri zone sismiche'.
- ✓ DPR 6.06.2001 n. 380 – 'Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia
- ✓ Legge 2.02.1974 n. 64 – 'Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche'
- ✓ Legge 5.11.1971 n. 1086 – 'Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica'.
- ✓ CNR-UNI 10011/8

### 3. MATERIALI IMPIEGATI

I materiali impiegati sono i seguenti:

CEMENTO		
	CEMENTO C10/15	Rck 150 kg/cm <sup>2</sup>
	CEMENTO C20/25	Rck 250 kg/cm <sup>2</sup>
ACCIAIO PER C.A.		
	B450C	fyk = 4500 kg/cmq ftk = 5400 kg/cm
ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE S275		
	B450C	fyk = 2750 kg/cmq ftk = 4300 kg/cm
BULLONI AD ALTA RESISTENZA CL. 8.8		
		fyb = 6490 kg/cmq ftb = 8000 kg/cm

SALDATURE II CATEGORIA: Saldature a cordoni d'angolo Da eseguire sempre in officina

### 4. PERICOLOSITÀ SISMICA

Ai sensi del D.M. 17/01/18, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito d'intervento. La "pericolosità sismica di base" costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche: essa è definita in termini accelerazione massima attesa "ag" in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 delle NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1 delle NTC, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 delle NTC. Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

ag = accelerazione orizzontale massima al sito;

F0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T\*c= periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro di accelerazione orizzontale.

Come indicato nell'allegato A del D.M. 17/01/18, i valori dei parametri (ag, F0, e T\*c) propri del sito in esame sono ottenibili tramite una media pesata di 4 punti della griglia di che comprendono l'area in esame. Le strutture in progetto rispondono alle seguenti caratteristiche:

Vita Nominale  $V_N = 100$  anni

Classe d'uso III >  $c_u = 1,5$

Nel caso specifico, attribuendo alle strutture una vita nominale  $V_N = 100$  anni ed attribuendo una Classe d'uso III, si ottiene il seguente valore di riferimento  $V_R$  per l'azione sismica:

$$V_R = V_N \times C_U = 100 \times 1.5 = 150 \text{ anni}$$

La categoria del suolo di fondazione indicata nella relazione geologica allegata è suolo di CATEGORIA D (Tabella 3.2.II delle NTC) corrispondente a "Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o terreni a grana fine scarsamente consistenti" con velocità  $V_{s30} < 180$  m/s. Le condizioni topografiche del sito d'intervento ricadono nella "categoria T1" corrispondente a "superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazioni media  $i < 15^\circ$ ". E' stata effettuata per il sito d'intervento la seguente caratterizzazione:

Sito in esame MACCHIAREDDU LON. 8.97223 LAT. 39.21600

Vita nominale: 100

Parametri sismici: Categoria sottosuolo: D

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento:

100anni Coefficiente  $c_u$ : 1,5

STATOLIMITE	Tr (anni)	$A_g$ [g]	$F_o$	$T_c^*$ [s]
OPERATIVITÀ [SLO]	90	0.0233	2.50	0.20
DANNO [SLD]	151	0.0295	2.48	0.23
SALVAGUARDIA VITA [SLV]	1424	0.0623	2.58	0.35

## 5. MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

### 5.1. DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La fondazione del trasformatore è costituita da una vasca di dimensioni esterne 6.00x9.00 m e altezza interna 1.60 m di cui 20 cm fuori terra. Le pareti esterne hanno spessore 20 cm, inoltre la vasca è divisa internamente da 2 setti in c.a. a distanza mutua di circa 2,50 m di spessore 50 cm per l'appoggio del trasformatore. La vasca rimarrà vuota al suo interno ed è destinata a raccogliere olio e/o acqua che filtrano dal grigliato Orsogril posto a distanza 40 cm dalla cima delle pareti mediante angolari di appoggio fissati ai setti ed a elementi in carpenteria metallica ad interasse di 1,40 m.

### 5.2. ANALISI DEI CARICHI

La struttura in esame è gravata di carichi permanenti (strutturali e non). Si riassumono i carichi considerati.

#### 5.2.1. Permanenti strutturali

Si è assunto per il peso proprio delle strutture di fondazione un valore di  $c_s = 2500$  kg/mc e per le carpenterie metalliche di 7850 kg/mc; il peso degli elementi in c.a. è determinato in automatico dal programma di calcolo.

#### 5.2.2. Permanenti strutturali

Tutti i carichi vengono attribuiti alle pareti presenti nella direzione corta. Si considera il carico del trasformatore pari a 90 t ripartito in modo distribuito sui due setti (per una lunghezza di 2.0 m in posizione centrale) di spessore 50 cm per complessivi 22500 kg/m. Si considera inoltre il carico di 40 cm di pietrisco (1500 kg/mc) ripartito sui setti e sulle travi metalliche ad interasse massimo di 1.4 m, per un totale di 840 kg/m (420 kg/mq sui setti). Si aggiunge il carico del grigliato

(42 kg/mq) per un totale di 30 kg/m per i setti e 60 kg/mq per la carpenteria di appoggio ed infine un carico di 50 kg/m per i setti interni di spessore 50 cm per la carpenteria di appoggio del trasformatore.

Si aggiunge il carico di eventuale olio e acqua sul fondo della vasca pari al massimo ad una altezza di 1.60 m ottenendo un'azione di 1600 kg/mq da applicare in modo distribuito alla base della vasca. Infine si considera la spinta del terreno sull'esterno della vasca nelle pareti interrato per un'altezza massima 1.4 m, ottenendo un carico di tipo idrostatico che ha valore nullo alla quota del piano di campagna e massimo pari a 1500 kg/m alla base della parete.

### 5.2.3. Variabili

Si considera il carico variabile sul grigliato per la manutenzione, considerandolo di categoria E (a favore di sicurezza i coefficienti sono maggiori) ma di valore 50 kg/mq. Si ottiene, sulle travi metalliche, un carico di 70 kg/m e sui setti esterni di 35 kg/m.

CC	COMM.	TCC	1	2	3	F	S
1	AMB. 1 (SISMA)	SLU S	1	1	$\Psi_2$	-	1
2	AMB. 2 (SLU)	SLU	$\gamma$ max	$\gamma$ max	$\gamma$ max	1	-
3	AMB. 3 (SLE R)	SLE R	1	1	1	1	-
4	AMB. 4 (SLE F)	SLE F	1	1	$\Psi_1$	1	-
5	AMB. 5 (SLE Q)	SLE Q	1	1	$\Psi_2$	1	-

CC	COMM.	TCC	An.	Bk	1	1	2	3	F	S
1-12	AMB. 1	SLV SLD SLO	L	N	1.00	1	1	$\Psi_2$	-	1
13-24	AMB. 1	SLU e SLE S	L	N	1.00	$\gamma$ max	$\gamma$ max	$\gamma$ max	1	-
25-28	AMB. 1 (SLU)	SLU	L	N	1.00	1	1	1	1	-
29-32	AMB. 2 (SLE R)	SLE R	L	N	1.00					
33-36	AMB. 4 (SLE F)	SLE F	L	N	1.00	1	1	$\Psi_1$	1	-
37-40	AMB. 5 (SLE Q)	SLE Q	L	N	1.00	1	1	$\Psi_2$	1	-

### 5.3. ANALISI SISMICA

È stata eseguita una analisi sismica statica. Si riassumono le principali caratteristiche della modellazione sismica, rimandando al fascicolo di calcolo per il dettaglio.

Zona sismica 4

Sito di costruzione: MACCHIAREDDU Lat. 39°.2892 ; Long 8°.9603

Contenuto tra ID reticolo: 45382 45604 45826 45605

Tipo di opera: Grande

opera Vita nominale VN:

100.00 Classe d'uso:

Classe III

SL Esercizio: SLO - Pvr 81.00, SLD - Pvr

63.00 SL Ultimi: SLV - Pvr 10.00, SLC -

Pvr no Classe di duttilità: Classe B

Quota di riferimento:

0.00 <m> Altezza della struttura:

1.60 <m> Numero piani

edificio: 0

Coefficiente  $\Theta$ : 0.00

Edificio regolare in

altezza Edificio

regolare in pianta

Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici: 1.00% Categoria del suolo di fondazione: D

Tipologia edificio: c.a. o prefabbricato a pareti non accoppiate

Coeff. C1

Periodo T1	0.1067
Coeff. $\lambda$ SLO	1.0000
Coeff. $\lambda$ SLD	1.0000
Coeff. $\lambda$ SLV	1.0000
Rapporto di sovra-resistenza ( $\alpha u/\alpha 1$ )	1.3000
Valore di riferimento del fattore di struttura ( $q_0$ )	3.9000
Fattore riduttivo ( $K_w$ )	1.0000
Fattore riduttivo regolarità in altezza ( $K_R$ )	1.0000
Fattore di struttura ( $q$ )	3.9000

Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$

Coeff. amplificazione topografica ST: 1.00

Fattore di struttura per sisma verticale ( $q_v$ ): 1.50

Smorzamento spettro: 5.00

## 6. VERIFICHE STRUTTURALI (STR)

Si riportano le verifiche allo SLU ed agli SLE più gravose, rimandando ai tabulati per i risultati completi.

### 6.1. PARETI (NUCLEI)

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cls	Fck <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fcd <daN/cm <sup>2</sup> >	Fctd <daN/cm <sup>2</sup> >	Acc.	Fyk <daN/cm <sup>2</sup> >	Fyd <daN/cm <sup>2</sup> >
var	C20/25	207.50	15.86	117.58	10.57	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Armatura a flessione

Nucleo	Liv.	Pos.	CC	TCC	N <daN>	N ver. <daN>	Mz <daNm>	Mz ver. <daNm>	My <daNm>	Nu <daN>	Myu <daNm>	Mzu <daNm>	Sic.
9	1	P	25	SLU	-19031.60	-19031.60	0.00	0.00	2410.46	-19045.90	12617.50	-0.00	5.234
10	1	P	26	SLU	-22840.90	-22840.90	0.00	0.00	-2632.41	-22907.90	-8975.30	0.00	3.410
11	1	P	25	SLU	-22642.80	-22642.80	0.00	0.00	2627.19	-22720.50	8965.88	-0.00	3.413
12	1	P	7	SLV	-55259.80	-55259.80	0.00	0.00	-10845.70	-55317.40	-51516.10	0.02	4.750
13	1	P	25	SLU	-24759.30	-24759.30	0.00	0.00	-2838.22	-24759.30	-12900.80	-0.02	4.545
14	1	P	1	SLV	-55166.40	-55166.40	0.00	0.00	10814.10	-55224.00	51501.80	-0.01	4.762

Stato limite d'esercizio - Armatura a flessione

Nucleo	Liv.	Pos.	CC	TCC	N <daN>	Mz <daNm>	My <daNm>	$\sigma_c$ <daN/cm>	$\sigma_f$ <daN/cm>
9	1	P	40	SLE Q	-13096.70	0.00	1672.13	6.57	186.66
10	1	P	30	SLE R	-15857.90	0.00	-1879.94	10.78	280.49
11	1	P	29	SLE R	-15720.80	0.00	1876.53	10.78	282.93
12	1	P	38	SLE Q	-54919.50	0.00	-6978.96	4.59	61.16
13	1	P	31	SLE R	-16962.90	0.00	-1961.93	7.46	189.29
14	1	P	29	SLE R	-54990.50	0.00	6963.94	4.58	61.07

Verifiche stato limite di formazione delle fessure

Nucleo	Liv.	Pos.	C	TCC	N <daN>	Mz <daNm>	My <daNm>	c <mm>	s <mm>	K3	$s_{mm}$ <mm>	$\Phi$	$A_s$ <cm>	$A_{c\text{ eff}}$ <cm>	$\sigma_s$ <daN/cm>	$\sigma_{sr}$ <daN/cm>	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
9	1	P	37	SLE Q	-13230.70	0.00	1671.79	33.00	112.00	0.13	156.95	8.00	0.50	86.14	184.01	3198.90	0.04	0.01
10	3	P	37	SLE Q	-8516.61	0.00	-2222.68	33.00	112.00	0.13	156.95	8.00	0.50	86.15	644.00	4734.70	0.13	0.03
11	3	P	37	SLE Q	-8457.50	0.00	2216.07	33.00	112.00	0.13	156.94	8.00	0.50	86.13	643.19	4740.09	0.12	0.03
12	1	P	37	SLE Q	-54840.30	0.00	-6174.21	37.00	168.00	0.13	201.53	12.00	1.13	177.05	4.59	290.54	0.00	0.00
13	1	P	37	SLE Q	-17046.90	0.00	-1957.15	33.00	112.00	0.13	156.95	8.00	0.50	86.14	186.57	2875.11	0.04	0.01
14	1	P	37	SLE Q	-54849.80	0.00	6949.90	37.00	168.00	0.13	201.56	12.00	1.13	177.10	12.26	504.61	0.00	0.00

Stato limite ultimo - Armatura a taglio

Nucleo	Liv.	Pos.	CC	TCC	$T_i$ <daN>	Vsdu <daN>	ctg $\theta$	VRsd <daN>	VRcd <daN>	$V_{Rd,s}$ <daN>	$V_{dd}$ <daN>	$V_{fd}$ <daN>	Sic.T
9	1	P	1	SLV	3539.17	5308.76	2.24	354593.00	354593.00	52237.00	40778.50	11458.40	9.84
10	1	P	19	SLV	-1246.29	1869.44	2.24	236329.00	236329.00	35887.30	27481.20	8406.16	19.20
11	1	P	22	SLV	-1254.52	1881.78	2.24	236322.00	236322.00	35869.10	27481.20	8387.92	19.06
12	1	P	13	SLV	7258.00	10887.00	2.39	566158.00	566158.00	80323.80	61832.60	18491.20	7.38
13	1	P	1	SLV	4007.09	6010.64	2.24	354700.00	354700.00	52379.00	40778.50	11600.50	8.71
14	1	P	13	SLV	7255.76	10883.60	2.39	566175.00	566175.00	80341.40	61832.60	18508.70	7.38

6.2. PLATEA

Caratteristiche delle sezioni e dei materiali utilizzati

Spess. <cm>	Cf sup <cm>	Cf inf <cm>	Cls	Fck <daN/cm>	Fctk <daN/cm>	Fcd <daN/cm>	Fctd <daN/cm>	Acc.	Fyk <daN/cm>	Fyd <daN/cm>
30	3.00	3.00	C20/25	207.50	15.86	117.58	10.57	B450C	4500.00	3913.04

Stato limite ultimo - Ferri longitudinali - Verifiche armatura

Nodo	X <m>	Y <m>	CC	TCC	AfE S <cm>	AfE I <cm>	Mom <daNm>	Mu <daNm>	Sic.
-44	3.25	2.34	25	SLU	2.51	2.51	2115.63	2771.72	1.310
-63	7.40	3.00	2	SLD	2.51	2.51	-1651.95	-3242.12	1.963

Stato limite ultimo - Verifica a taglio del calcestruzzo

Nodo	X <m>	Y <m>	CC	TCC	AfE S <cm>	AfE I <cm>	Vsdu <daN>	Vrdu <daN>
-43	2.46	2.34	26	SLU	2.51	2.51	5667.65	10925.50
-43	2.46	2.34	11	SLD	2.51	2.51	4624.21	11261.60

Stato limite d'esercizio - Ferri longitudinali - Verifiche armatura

Nodo	X <m>	Y <m>	CC	TCC	AfE S <cm>	AfE I <cm>	Mom <daNm>	$\sigma_c$ <daN/cm>	$\sigma_f$ <daN/cm>
-63	7.40	3.00	29	SLE R	2.51	2.51	-1472.37	27.04	2291.11
-63	7.40	3.00	38	SLE Q	2.51	2.51	-1456.18	26.75	2265.92

Verifiche stato limite di formazione delle fessure

Nodo	X <m>	Y <m>	CC	TCC	c <mm>	s <mm>	K3	$s_{mm}$ <mm>	$\Phi$	$A_s$ <cm>	$A_{c\text{ eff}}$ <cm>	$\sigma_s$ <daN/cm>	$\sigma_{sr}$ <daN/cm>	$\epsilon_{sm}$	Wk <mm>
-63	7.40	3.00	40	SLE Q	26.00	112.00	0.18	165.26	8.00	0.50	79.96	2274.49	8252.11	0.44	0.12
-63	7.40	3.00	33	SLE F	26.00	112.00	0.18	165.26	8.00	0.50	79.96	2287.15	8252.11	0.44	0.12

### 6.3. ASTEIN ACCIAIO

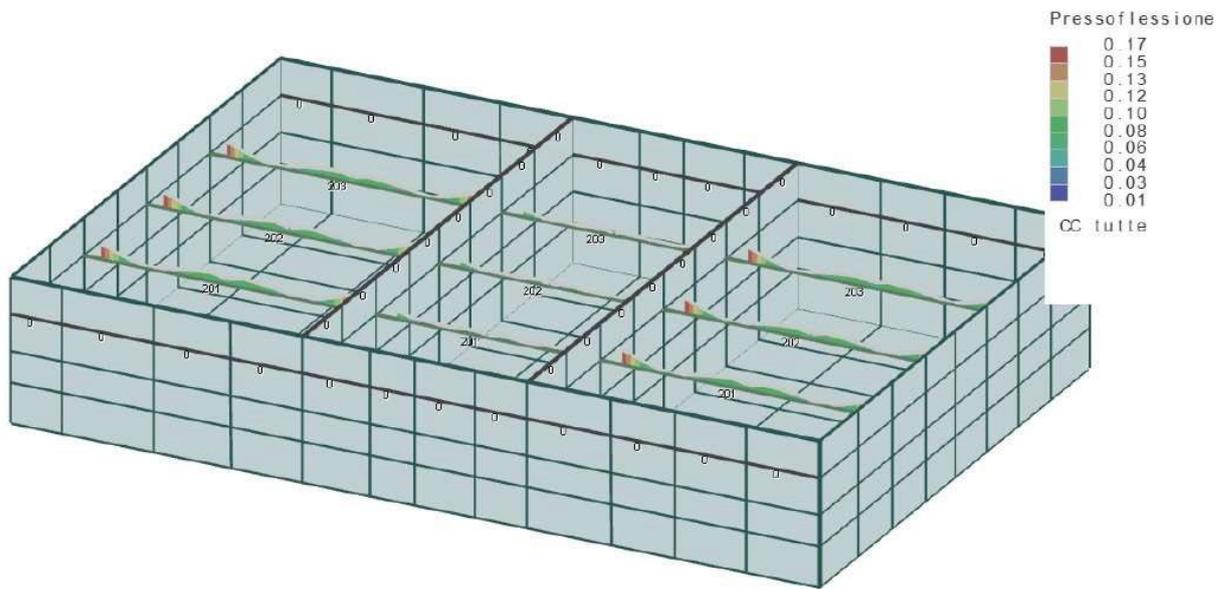


Figura 1 - Tasso di sfruttamento a pressoflessione

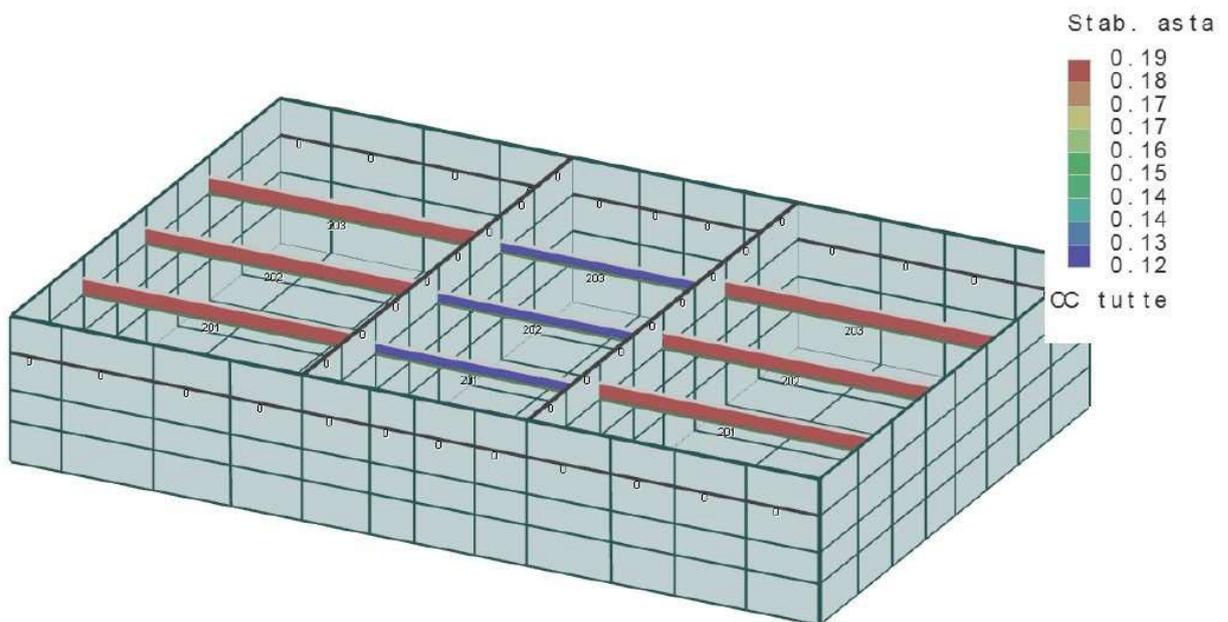


Figura 2 - Tasso di sfruttamento a stabilità locale

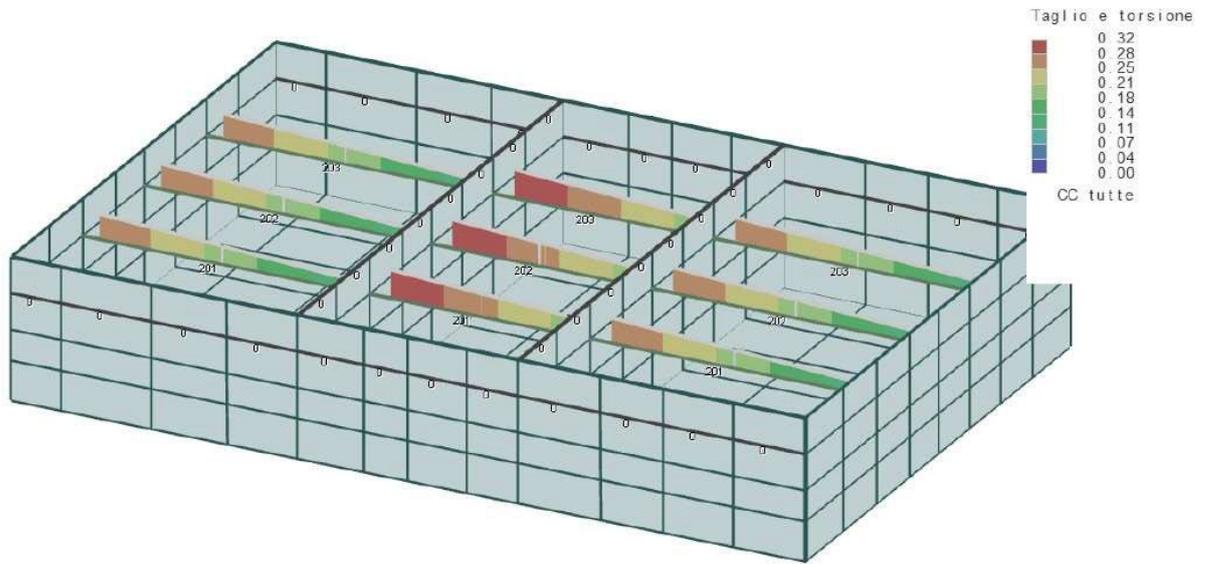


Figura 3 - Tasso di sfruttamento a taglio