

S.S. n.21 "della Maddalena"  
 Variante agli abitati di Demonte, Aisone e Vinadio  
 Lotto 1. Variante di Demonte

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PROGETTAZIONE: ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

**I PROGETTISTI:**

*ing. Vincenzo Marzi*  
*Ordine Ing. di Bari n.3594*  
*ing. Achille Devitofranceschi*  
*Ordine Ing. di Roma n.19116*  
*geol. Flavio Capozucca*  
*Ordine Geol. del Lazio n.1599*

**RESPONSABILE DEL SIA**

*arch. Giovanni Magarò*  
*Ordine Arch. di Roma n.16183*

**IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE**

*geom. Fabio Quondam*

**VISTO: IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :**

*ing. Nicolò Canepa*

PROTOCOLLO

DATA

**OPERE D'ARTE MAGGIORI  
 EDIFICI**

**Relazione tecnica e di calcolo degli edifici**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T00_FA00_STR_RE01_A.DWG			
DPT005	D	1601	CODICE ELAB.	T00 FA00 STR RE01	A	-
C						
B						
A	EMISSIONE			Novembre 2017	-	-
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

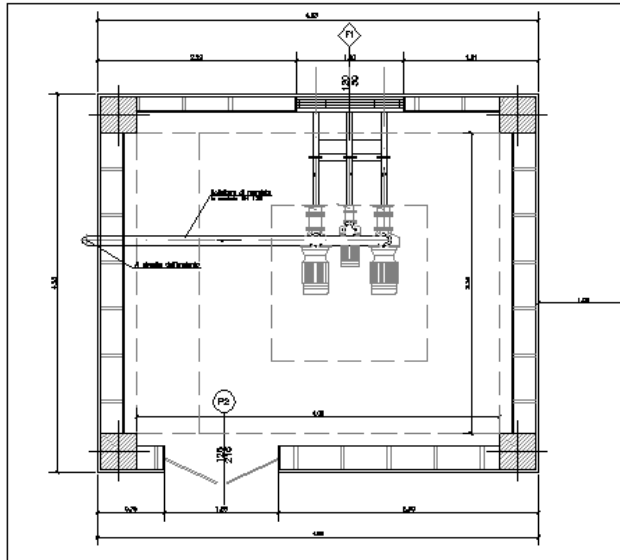
## INDICE

1. Premessa.....	3
2. Normativa di riferimento .....	4
3. Descrizione dell'opera .....	5
<b>3.1 AFFIDABILITÀ SUL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO .....</b>	<b>5</b>
4. Caratteristiche dei materiali .....	8
<b>4.1 CALCESTRUZZO.....</b>	<b>8</b>
<b>4.2 ACCIAIO .....</b>	<b>9</b>
5. Caratterizzazione geologica-geotecnica .....	10
6. Azione sismica.....	11
6.1.1 Vita nominale .....	11
6.1.2 Classe d'uso .....	11
6.1.3 Periodo di riferimento.....	12
6.1.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica.....	12
6.1.5 Categorie di Sottosuolo.....	13
6.1.6 Amplificazione Stratigrafica e Topografica .....	14
6.1.7 Parametri sismici di calcolo.....	15
6.2 Analisi dei carichi.....	16
6.2.1 Carichi permanenti.....	16
6.2.2 Carichi sismici .....	16
6.2.3 Carichi Variabili .....	16
6.2.4 Carico variabile neve e vento.....	16
6.3 Condizioni di carico .....	18
6.4 Combinazioni di carico .....	18
7. Verifiche strutturali .....	19
7.1 Diagramma di sollecitazioni .....	19
7.2 Verifiche SLU .....	22
7.2.1 Armatura di progetto .....	22
7.3 Verifiche SLE.....	29

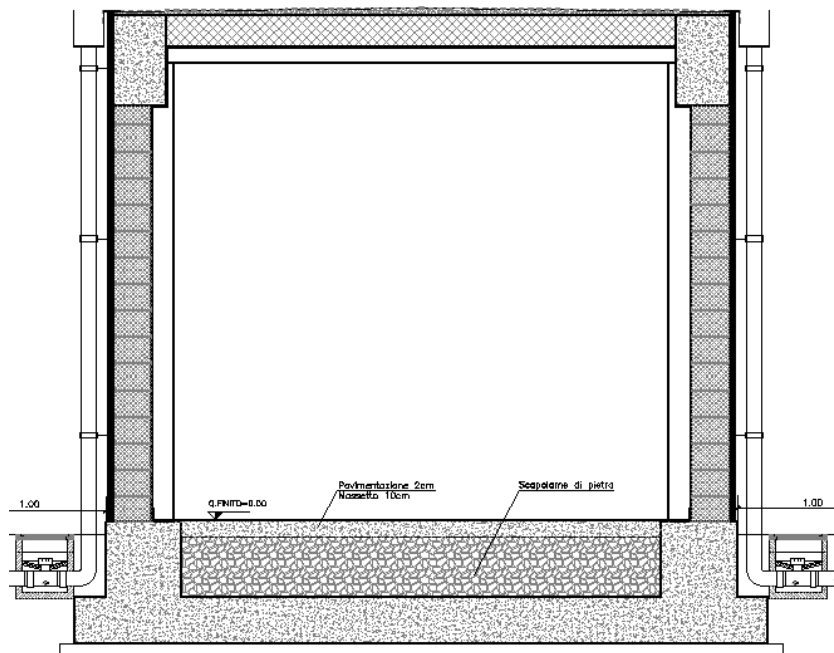
8. Conclusioni ..... 31

## 1. PREMESSA

La Presente Relazione di calcolo strutturale riguarda il "locale pompe" nell'ambito del progetto definitivo della S.S.n.21 della Maddalena "Variante di Demonte e Vinadio (Alsone) – Lotto 1°- Variante di Demonte.



### PIANTA



### SEZIONE

## **2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

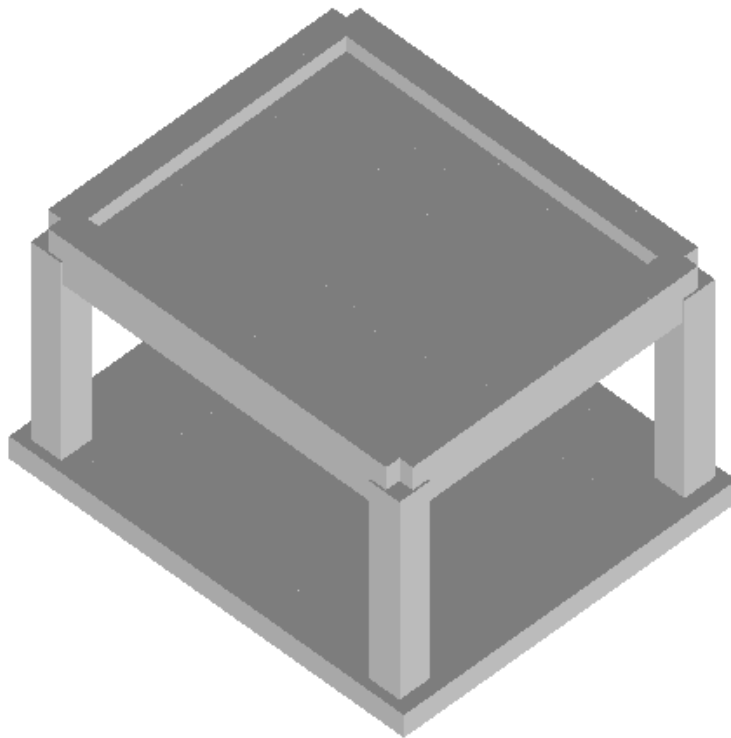
Il presente Progetto è stato redatto in ottemperanza alla Normativa vigente di carattere generale e speciale. In particolare, per gli interventi in oggetto si sono prese in esame, tra gli altri, i seguenti riferimenti:

I calcoli sono svolti con riferimento, ove applicabili, alle seguenti norme:

- Legge n°1.086 del 5 novembre 1.971: "Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso, ed a struttura metallica."
- D. M. LL. PP. 14 gennaio 2008: "Norme tecniche per le costruzioni."
- Circolare Ministero LL. PP. del 7 marzo 2008: "Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni"."
- UNI EN 1.990: 2006: "Eurocodice – Criteri generali di progettazione strutturale."
- UNI EN 1.991-1-1: 2004: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-1: Azioni in generale – Pesì per unità di volume, pesì propri e sovraccarichi per gli edifici."
- UNI EN 1.991-1-2: 2004: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-2: Azioni in generale – Azioni sulle strutture esposte al fuoco."
- UNI EN 1.991-1-3: 2004: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-3: Azioni in generale – Carichi da neve."
- UNI EN 1.991-1-4: 2005: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento."
- UNI EN 1.991-1-5: 2004: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni termiche."
- UNI EN 1.991-1-6: 2005: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-6: Azioni in generale – Azioni durante la costruzione."
- UNI EN 1.991-1-7: 2006: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 1-7: Azioni in generale – Azioni eccezionali."
- UNI EN 1.991-2: 2005: "Eurocodice 1 – Azioni sulle strutture – Parte 2: Carichi da traffico sui ponti."
- UNI EN 1.992-1-1: 2005: "Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture di calcestruzzo – Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici."

### **3. DESCRIZIONE DELL'OPERA**

Il locale pompe è realizzato in c.a. gettato in opera a pianta rettangolare di circa 5.00x4.50m, con pilastri a sezione quadrata 40x40cm di altezza 275cm, travi a sostegno della soletta di copertura di sezione 35x60cm. Il solaio di copertura è realizzato con una soletta piena di spessore 20cm mentre il solaio a piano terra è costituito da una soletta piena di spessore 30 cm.



*modello 3d*

#### **3.1 AFFIDABILITÀ SUL CODICE DI CALCOLO UTILIZZATO**

Informazioni sul codice di calcolo

Titolo: PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program

Versione: PROFESSIONAL (build 2017-07-178) 17.2.2

Produttore-Distributore: 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

Codice Licenza: Licenza 002851



44121 Ferrara Via Garibaldi, 90 - Tel. 0532 200091 Fax 0532 200086 [www.2si.it](http://www.2si.it) [info@2si.it](mailto:info@2si.it)

**Dichiarazione del produttore-distributore di PRO\_SAP PROfessional SAP riguardante l'affidabilità del codice (D.M. 14/01/2008 - Paragrafo 10.2)**

**Origine e caratteristiche dei codici di calcolo**

**Titolo:** PRO\_SAP PROfessional Structural Analysis Program

**Autore-Produttore:** 2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria s.r.l., Ferrara

**Dati utente finale:**

Codice Utente: **002851/cii**

Spettabile E&G Engineering & Graphics S.r.l.

alla c.a. Ing.Martino

Viale di Porto, 160g

00054 Maccarese (RM)

Telefono: 066678592 066678232 3281750558 (Ing. Martino) | Fax: | e-mail:

segreteria@egsrl.com; martin-gia@libero.it

Partita IVA: 02307381000 | Codice Fiscale: 02307381000

**Affidabilità dei codici**

**- Inquadramento teorico della metodologia**

L'analisi strutturale viene effettuata con il metodo degli elementi finiti. Il metodo si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. L'analisi strutturale è condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi statici.

L'analisi strutturale è condotta con il metodo dell'analisi modale e dello spettro di risposta in termini di accelerazione per la valutazione dello stato tensiodeformativo indotto da carichi dinamici (tra cui quelli di tipo sismico).

- Elemento tipo TRUSS (asta)\*
  - Elemento tipo BEAM (trave)\*
  - Elemento tipo MEMBRANE (membrana)\*
  - Elemento tipo PLATE (piastra-guscio)\*
  - Elemento tipo BRICK (solido)\*
  - Elemento tipo BOUNDARY (molla)\*
  - Elemento tipo STIFFNESS (matrice di rigidità)
- \* anche non lineare

**- Casi prova che consentano un riscontro dell'affidabilità**

2S.I. ha verificato, in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna e con il Dipartimento di Ingegneria dell'Università di Ferrara, l'affidabilità e la robustezza del codice di calcolo attraverso un numero significativo di casi prova in cui i risultati dell'analisi numerica sono stati confrontati con soluzioni teoriche.

E' possibile reperire la documentazione contenente alcuni dei più significativi casi trattati al seguente link:  
["http://www.2si.it/software/affidabilita.htm"](http://www.2si.it/software/affidabilita.htm)

**- Filtri di autodiagnostica**

Il programma prevede una serie di controlli automatici (check) che consentono l'individuazione di errori di modellazione. Al termine dell'analisi un controllo automatico identifica la presenza di spostamenti o rotazioni abnormi.

2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.

Ing. Paolo Nagliati

**2 S. I.**

software e servizi

per l'Ingegneria s.r.l.

Form: DicAff01 rev. n° 5 del 21/07/2017

**2S.I. Software e Servizi per l'Ingegneria S.r.l.** - P.IVA e Cod. Fisc. **01311970386**  
Capitale Sociale € 10.400,00 i.v. - C.C.I.A.A. FE 145846 - Iscr. Trib. Ferrara 15070

### **Garanzia di qualità**

Dal 1 dicembre 1999 2S.I. ha prodotto un manuale di qualità in funzione dei requisiti della norma di riferimento UNI EN ISO 9001. Tutte le attività dell'azienda sono regolate dalla documentazione e dalle procedure in esso contenute.

In relazione alla attività di validazione dei prodotti software si dichiara inoltre quanto segue:

- la fase di progetto degli algoritmi è preceduta dalla ricerca di risultati di confronto reperibili in bibliografia o riproducibili con calcoli manuali;
- la fase di implementazione degli algoritmi è continuamente validata con strumenti automatici (tools di sviluppo) e attraverso confronti;
- il software che implementa gli algoritmi è testato, confrontato e controllato anche da tecnici qualificati che non sono intervenuti nelle precedenti fasi.

Nella produzione del solutore fem 2S.I. implementa componenti sviluppati da Computing Objects SARL spin-off dell'École Centrale Paris, France. E' disponibile la documentazione di affidabilità di tali componenti all'indirizzo web:

[http://www.2si.it/software/download/manuali/pro\\_sap\\_quaderni/Affidabilita/benchmarks\\_e\\_sap.zip](http://www.2si.it/software/download/manuali/pro_sap_quaderni/Affidabilita/benchmarks_e_sap.zip)



## 4. CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

I materiali utilizzati nella realizzazione delle strutture in funzione della utilizzazione sono descritti in seguito.

### 4.1 CALCESTRUZZO

#### Magroni:

Classe di resistenza C12/15;  
 contenuto min. cemento 150 kg/m<sup>3</sup>.

#### Pilastri travi e solette

Si impiega calcestruzzo di classe C28/35:

<b>Classe di resistenza:</b>	<b>C28/35</b>	
Resistenza a compressione cubica caratteristica	$R_{ck} =$	35 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione cilindrica caratteristica	$f_{ck} =$	29.05 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a compressione cilindrica media	$f_{cm} =$	37.05 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione semplice	$f_{ctm} =$	2.83 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm} =$	3.40 N/mm <sup>2</sup>
Modulo elastico secante medio	$E_{cm} =$	32588 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (5%)	$f_{ctk} =$	1.98 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza caratteristica a trazione semplice (95%)	$f_{ctk} =$	3.69 N/mm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente di sicurezza SLU:</i>	$\gamma_c =$	1.5
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLU:	$f_{cd} =$	16.5 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLU:	$f_{ctd} =$	1.32 N/mm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente di sicurezza situazioni eccezionali:</i>	$\gamma_c =$	1
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica Eccez.:	$f_{cd} =$	24.7 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - Eccez.:	$f_{ctd} =$	1.98 N/mm <sup>2</sup>
<i>Coefficiente di sicurezza SLE:</i>	$\gamma_c =$	1.0
Resistenza di calcolo a compressione cilindrica SLE:	$f_{cd} =$	29.1 N/mm <sup>2</sup>
Resistenza di calcolo a trazione semplice (5%) - SLE:	$f_{ctd} =$	1.98 N/mm <sup>2</sup>
Massime tensioni di compressione in esercizio:		
Combinazione rara	$\sigma_{c,ad} =$	17.43 N/mm <sup>2</sup>
Combinazione quasi permanente	$\sigma_{c,ad} =$	13.07 N/mm <sup>2</sup>
Classe di esposizione		XC2
Classe di consistenza slump:		S4
Contenuto minimo di cemento:		320 daN/m <sup>3</sup>
Massima dimensione aggregato		25 mm
Massimo rapporto A/C		0.45
Copriferro		60 mm

## 4.2 ACCIAIO

Si utilizzano barre ad aderenza migliorata in acciaio con le seguenti caratteristiche meccaniche:

acciaio	B450C
tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ ;
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ ;
resistenza di calcolo a trazione	$f_{yd} = 391,30 \text{ N/mm}^2$ ;
modulo elastico	$E_s = 206.000 \text{ N/mm}^2$ .

### Acciaio per cemento armato:

Per l'acciaio avente caratteristiche corrispondenti a quanto indicato al Cap. 11 del D.M.2008, la tensione massima,  $\sigma_s$  per effetto delle azioni dovute alla combinazione caratteristica deve rispettare la limitazione seguente:

$$\sigma_s < 0,8 f_{yk} = 0,8 \cdot 450 = 360 \text{ N/mm}^2 \rightarrow \text{tensione massima di esercizio per l'acciaio.}$$

## **5. CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA-GEOTECNICA**

Si rimanda all'elaborato specifico.

## 6. AZIONE SISMICA

Con riferimento alla normativa vigente (NTC-2008), le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 2008), 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 del D.M. 2008, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 del D.M. 2008.

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:

$a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Gli spettri di risposta di progetto sono stati definiti per tutti gli stati limite considerati, e, note la latitudine e la longitudine del sito, si sono ricavati i valori dei parametri necessari alla definizione dell'azione sismica e quindi del relativo spettro di risposta. Più avanti sono indicati i valori di  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_c^*$  necessari per la determinazione delle azioni sismiche.

### 6.1.1 Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

Tabella 2: Vita Nominale in funzione del tipo di costruzione

Tenendo conto delle indicazioni precedenti le strutture di progetto avranno vita nominale  $V_N = 50$ .

### 6.1.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

Tabella 3: Tabella Coefficiente d'uso in funzione della Classe d'uso

Per le strutture di progetto si considera una classe d'uso tipo II con coefficiente d'uso  $C_U=1,0$ .

### 6.1.3 Periodo di riferimento

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d'uso  $C_U$  :

$$V_R = V_N \cdot C_U = 50 \cdot 1,0 = 50 \text{ anni (periodo di riferimento).}$$

### 6.1.4 Valutazione dei parametri di pericolosità sismica

Fissata la vita di riferimento  $V_R$ , i due parametri  $T_R$  e  $P_{V_R}$  sono immediatamente esprimibili, l'uno in funzione dell'altro, mediante l'espressione:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})} = -\frac{C_U \cdot V_N}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

	STATO LIMITE	$P_{V_R}$ : probabilità di superamento nel periodo di riferimento
SLE	SLO - Stato Limite di Operatività	81%
	SLD - Stato Limite di Danno	63%

<b>SLU</b>	SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita	10%
	SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso	5%

Tabella 4: Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato da cui si ottiene la seguente Tab.:

Stati limite		Valori in anni del periodo di ritorno $T_R$ al variare del periodo di riferimento $V_R$ (anni)
<b>SLE</b>	<b>SLO</b>	30
	<b>SLD</b>	50
<b>SLU</b>	<b>SLV</b>	475
	<b>SLC</b>	975

Tabella 5: Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato

Per il sito in esame, in base ai parametri precedentemente adottati, il periodo  $T_R$  in corrispondenza dello stato limite ultimo SLV è pari a  $T_R = 475$  anni.

Le strutture di progetto avranno quindi i seguenti parametri sismici:

- vita nominale  $V_N = 50$ ;
- periodo di riferimento pari a  $V_R = 50$ ;
- il periodo  $T_R$  in corrispondenza dello SLV sarà pari a  $T_R = 475$  anni.

### 6.1.5 Categorie di Sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale.

Per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo di riferimento in accordo a quanto indicato nel § 3.2.2 delle NTC2008. Come già illustrato, i terreni di progetto possono essere caratterizzati come appartenenti a terreni di Categoria B.

#### Condizioni topografiche

In condizioni topografiche superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
-----------	--

<b>T1</b>	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
<b>T2</b>	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
<b>T3</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
<b>T4</b>	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Tabella 6: Classificazione topografica superfici

Le categorie topografiche appena definite si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m. L'area interessata risulta classificabile come T1.

#### 6.1.6 Amplificazione Stratigrafica e Topografica

In riferimento a quanto indicato nel §3.2.3.2.1 delle NTC2008 per la definizione dello spettro elastico in accelerazione è necessario valutare il valore del coefficiente  $S = S_S \cdot S_T$  e di  $C_c$  in base alla categoria di sottosuolo e alle condizioni topografiche; si fa riferimento nella valutazione dei coefficienti che sono riportati di seguito:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Tabella 7: Tabella delle espressioni per  $S_s$  e  $C_c$

Categoria Topografica	Ubicazione dell'opera dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

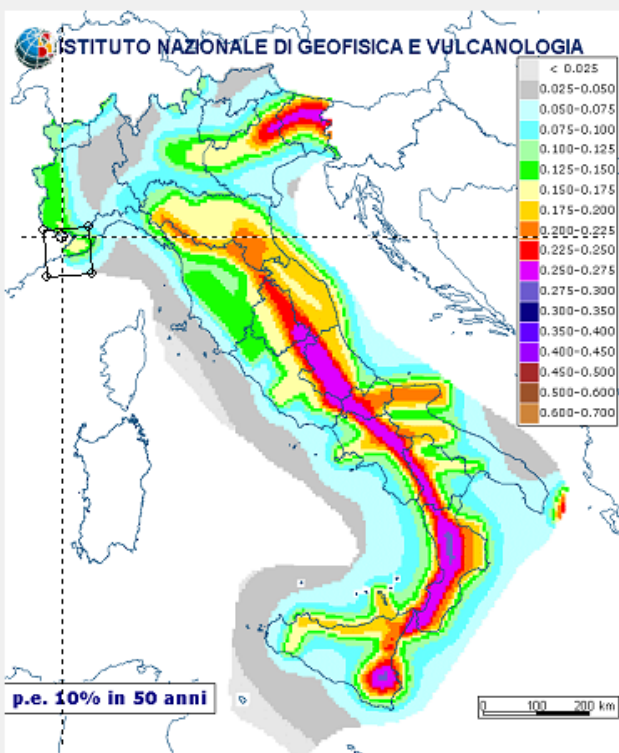
Tabella 8: Valori massimi del coeff. di amplificazione topografica  $S_T$

Il valore del coefficiente di amplificazione topografica è posto pari a  $S_T = 1$

I valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica sono pari a  $S_s = 1,2$

### 6.1.7 Parametri sismici di calcolo

Valutazione della pericolosità sismica



**ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA**

Legend for seismic hazard levels:

- < 0.025
- 0.025-0.050
- 0.050-0.075
- 0.075-0.100
- 0.100-0.125
- 0.125-0.150
- 0.150-0.175
- 0.175-0.200
- 0.200-0.225
- 0.225-0.250
- 0.250-0.275
- 0.275-0.300
- 0.300-0.350
- 0.350-0.400
- 0.400-0.450
- 0.450-0.500
- 0.500-0.600
- 0.600-0.700

**Vertici della maglia elementare**

Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
17116	7.273	44.272	5.103
17117	7.343	44.276	5.708
16895	7.338	44.325	3.510
16894	7.268	44.322	2.352

**Coordinate geografiche**

Località:

Longitudine:  Latitudine:

**Parametri per le forme spettrali**

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	81	30	0.039	2.500	0.200
SLD	63	50	0.054	2.440	0.230
SLV	10	475	0.149	2.460	0.280
SLC	5	975	0.193	2.480	0.300

**Periodo di riferimento per l'azione sismica**

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza per esistenti %
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="100"/>

Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

Nota: per il calcolo dei parametri sismici  
 1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu  
 Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N [con N = 1,2,3,4,5]



Passo 3

Parametri e fattori spettri

S.L.	ag	eta	S	Fo	Fv	TB	TC	TD
SLO	0.039	1.0	1.200	2.500	0.667	0.101	0.304	1.756
SLD	0.054	1.0	1.200	2.440	0.766	0.113	0.339	1.816
SLV	0.149		1.200	2.460	1.282	0.132	0.397	2.196
SLC	0.193		1.200	2.480	1.469	0.140	0.420	2.370

Verticale per tutti:

Fattore di struttura  
 q x-x  q y-y  q z-z

Edifici isolati  
 periodo Tis  Smorz. esi

Classe di duttilità  
 Alta  Bassa

Risposta Sismica Locale

## 6.2 ANALISI DEI CARICHI

### 6.2.1 Carichi permanenti

I carichi permanenti del solaio a piano terra e di copertura sono:

Massetto  $0.06 \times 20 \text{ kN/m}^3 = 1.2 \text{ kN/m}^2$

Pavimento  $0.5 \text{ kN/m}^2$

Impermeabilizzante  $0.3 \text{ kN/m}^2$

**Totale  $2.0 \text{ kN/m}^2 \text{ CDC}(2)$**

### 6.2.2 Carichi sismici

L'inerzia delle struttura dovuta all'azione sismica è computata automaticamente dal software di calcolo utilizzato. CDC (8-9-10-11)

### 6.2.3 Carichi Variabili

Sulla copertura si considera un carico variabile uniformemente distribuito di  $0.5 \text{ kN/m}^2 \text{ CDC}(5)$

Sul solaio di copertura si considera un carico variabile di  $100 \text{ kN/m}^2 \text{ CDC}(6)$

### 6.2.4 Carico variabile neve e vento

NEVE:

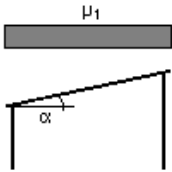
Zona Neve = I Alpina

Ce (coeff. di esposizione al vento) = 0.90

Valore caratteristico del carico al suolo ( $q_{sk} C_e$ ) = 2.69 kN/mq

Copertura ad una falda:

Angolo di inclinazione della falda  $\alpha = 0.0^\circ$



$\mu_1 = 0.80 \Rightarrow Q_1 = 2.15 \text{ kN/mq}$  CDC(7)

Schema di carico:

VENTO:

Zona vento = 1

(  $V_{b.o} = 25 \text{ m/s}$ ;  $A_o = 1000 \text{ m}$ ;  $K_a = 0.010 \text{ 1/s}$  )

Classe di rugosità del terreno: D

[Aree prive di ostacoli o con al di più rari ostacoli isolati (aperta campagna, aeroporti, aree agricole, zone paludose o sabbiose, superfici innevate o ghiacciate, mare, laghi,..)]

Categoria esposizione: tipo III

(  $K_r = 0.20$ ;  $Z_o = 0.10 \text{ m}$ ;  $Z_{min} = 5 \text{ m}$  )

Velocità di riferimento = 25.00 m/s

Pressione cinetica di riferimento ( $q_b$ ) = 0.39 kN/mq

Coefficiente di forma ( $C_p$ ) = 1.00

Coefficiente dinamico ( $C_d$ ) = 1.00

Coefficiente di esposizione ( $C_e$ ) = 1.71

Coefficiente di esposizione topografica ( $C_t$ ) = 1.00

Altezza dell'edificio = 3.00 m

Pressione del vento (  $p = q_b C_e C_p C_d$  ) = 0.67 kN/mq CDC(2-3)

### **6.3 CONDIZIONI DI CARICO**

Le condizioni di carico elementari sono le seguenti:

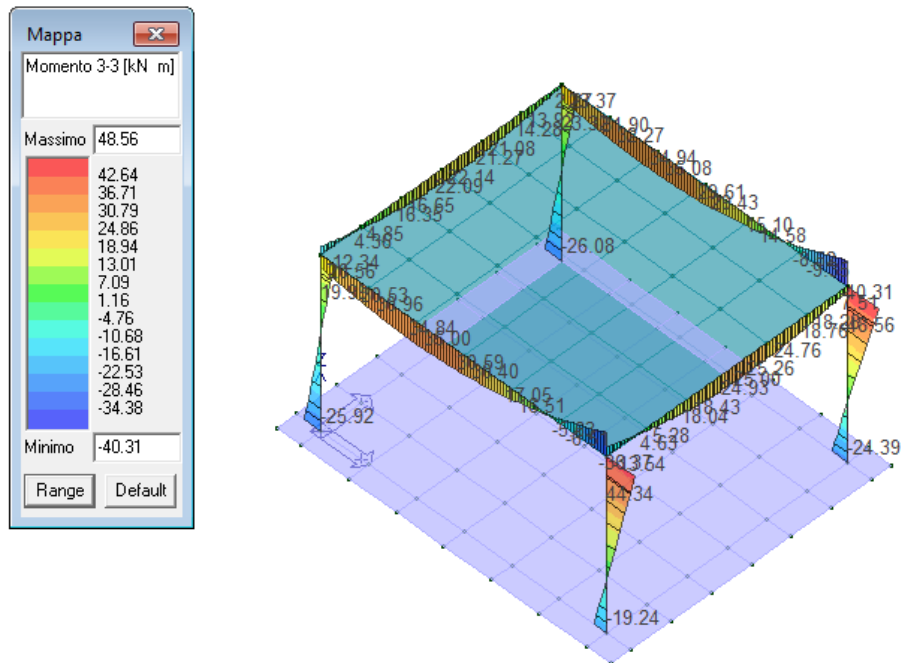
- 1 Peso proprio elementi strutturali (G<sub>yk</sub>)
- 2 Carico da vento in direzione X (Q<sub>vk</sub>)
- 3 Carico da vento in direzione Y (Q<sub>vk</sub>)
- 4 Sovraccarico permanente solaio (G<sub>1k</sub>)
- 5 Carico variabile solaio di copertura (Q<sub>k</sub>)
- 6 Carico variabile solaio (Q<sub>k</sub>)
- 7 Carico variabile da neve (Q<sub>k</sub>)
- 8 Azione indotte dal sisma E<sub>s</sub> (statico SLU) (ecc. -) dir + alfa=0.0
- 9 Azione indotte dal sisma E<sub>s</sub> (statico SLU) (ecc. +) dir + alfa=0.0
- 10 Azione indotte dal sisma E<sub>s</sub> (statico SLU) (ecc. -) dir + alfa=90.0
- 11 Azione indotte dal sisma E<sub>s</sub> (statico SLU) (ecc. +) dir + alfa=90.0

### **6.4 COMBINAZIONI DI CARICO**

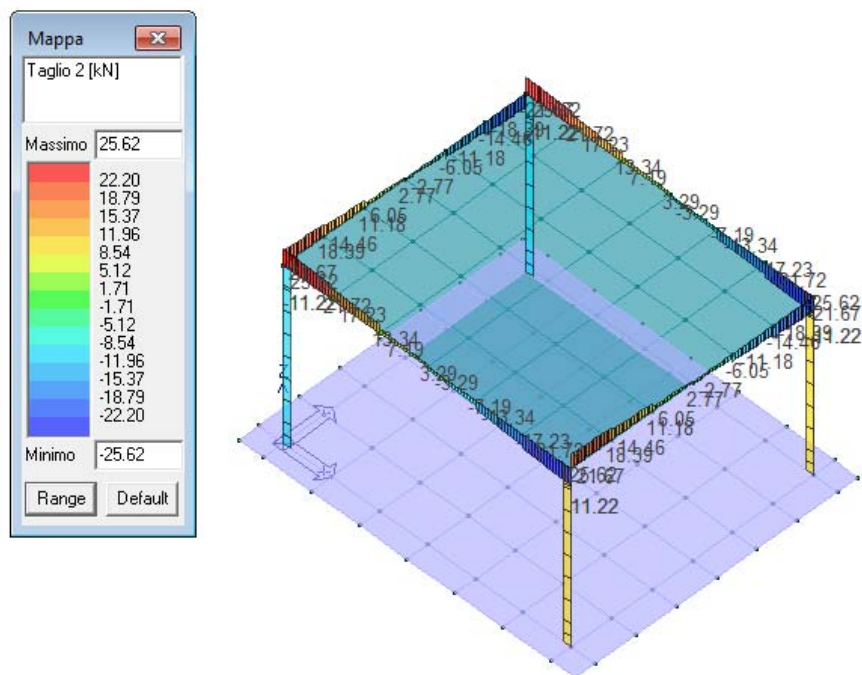
Per le combinazioni di carico si rimanda all'Allegato 1.

## 7. VERIFICHE STRUTTURALI

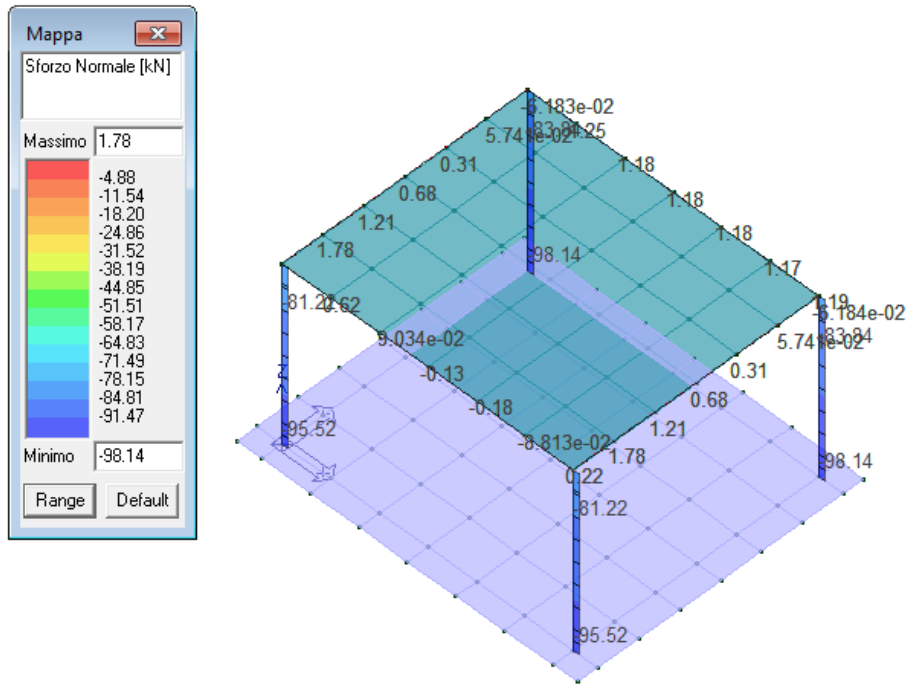
### 7.1 DIAGRAMMA DI SOLLECITAZIONI MASSIME



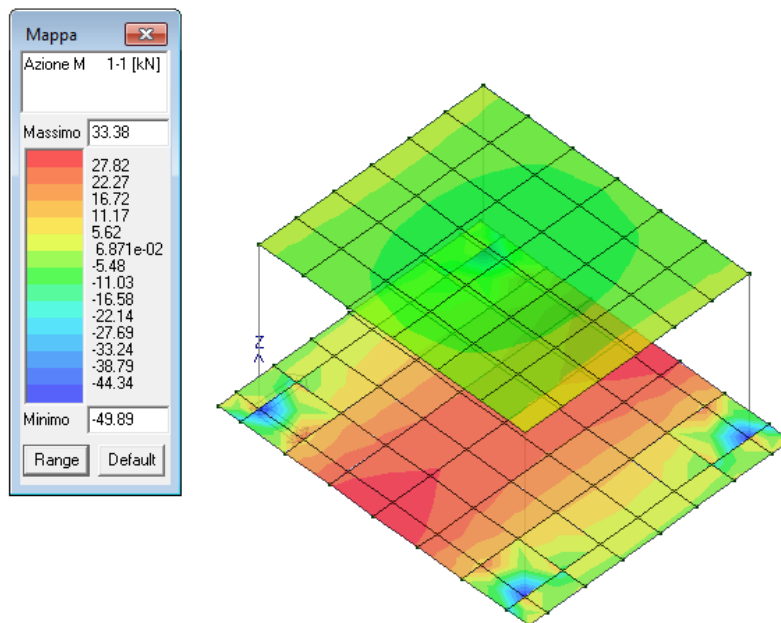
**Momento 3-3** Diagramma del momento massimo flettente agente su pilastri e travi attorno all'asse locale 3-3



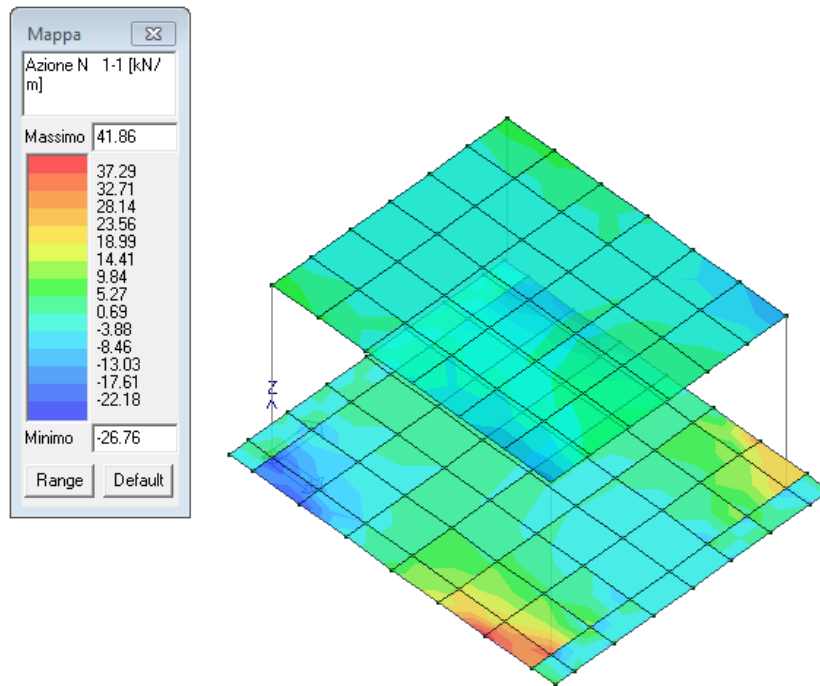
**Taglio 2-2** Diagramma del taglio massimo agente su travi e pilastri in direzione dell'asse locale 2-2



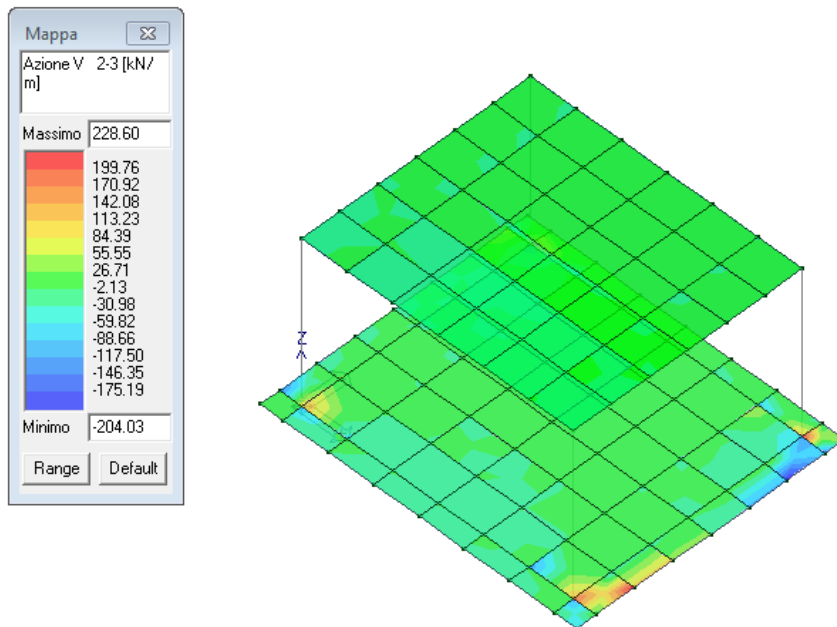
**Sforzo Normale:** Diagramma dello sforzo normale (positivo se di trazione e negativo se di compressione)



**Tens. M 1-1** Mappa cromatica delle tensioni di compressione o trazione (dovute alla flessione) in direzione locale 2-1; il segno riportato nella legenda valori è positivo se sono tese le fibre poste sulla faccia 3+ dell'elemento (faccia traslata del semi-spessore in direzione 3 positiva)



**Azione N 1-1** Mappa cromatica delle azioni che generano tensioni di compressione o trazione in direzione locale 1-1; il segno riportato nella legenda valori è positivo per azioni di trazione



**Azione V1-3** Mappa cromatica dell'azione di taglio in direzione 3 relativa alla faccia 1 (faccia perpendicolare all'asse 1) dell'elemento; il segno è positivo se l'azione tagliante è parallela ed equiversa all'asse 3

## 7.2 VERIFICHE SLU

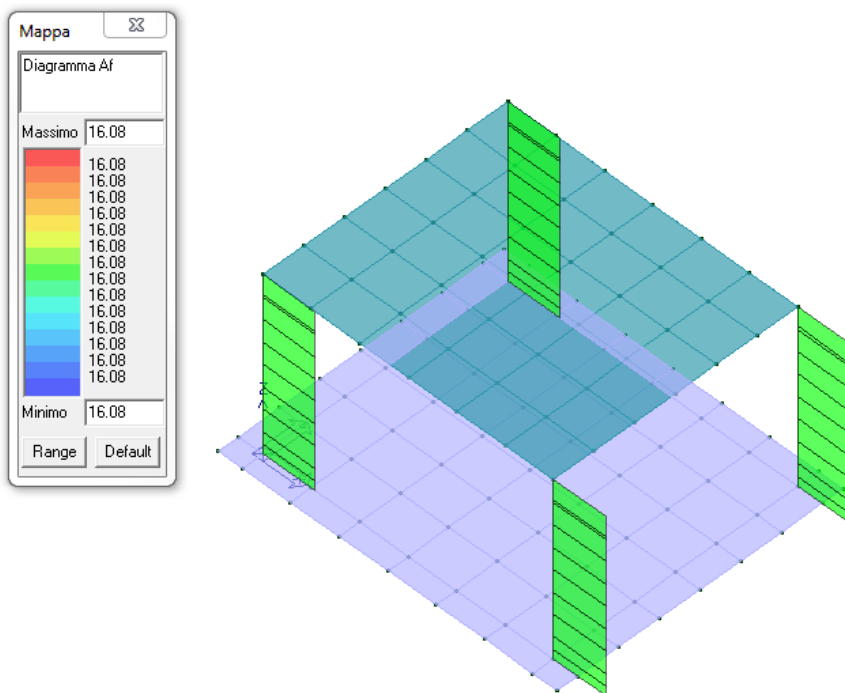
### 7.2.1 Armatura di progetto

L'armatura del pilastro di sezione 40x40cm è costituita da 8 $\Phi$ 16 come armatura longitudinale e staffe  $\Phi$  12/15, in prossimità dei nodi si prevede un infittimento delle staffe  $\Phi$ 12 con passo 12.5 per una lunghezza di 50 cm.

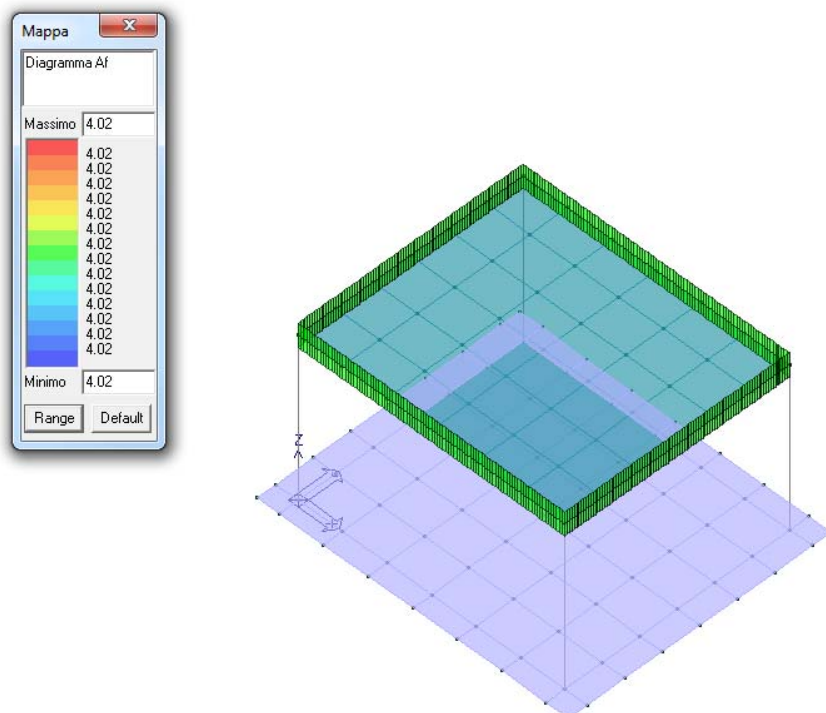
Le travi di sezione 0.35x50cm sono armate con 3 $\Phi$ 16 sia superiormente che inferiormente e staffe  $\Phi$  12/15.

Per la soletta superiore ed inferiore si prevede armatura  $\Phi$  16/20 nelle due direzioni principali sia superiormente che inferiormente.

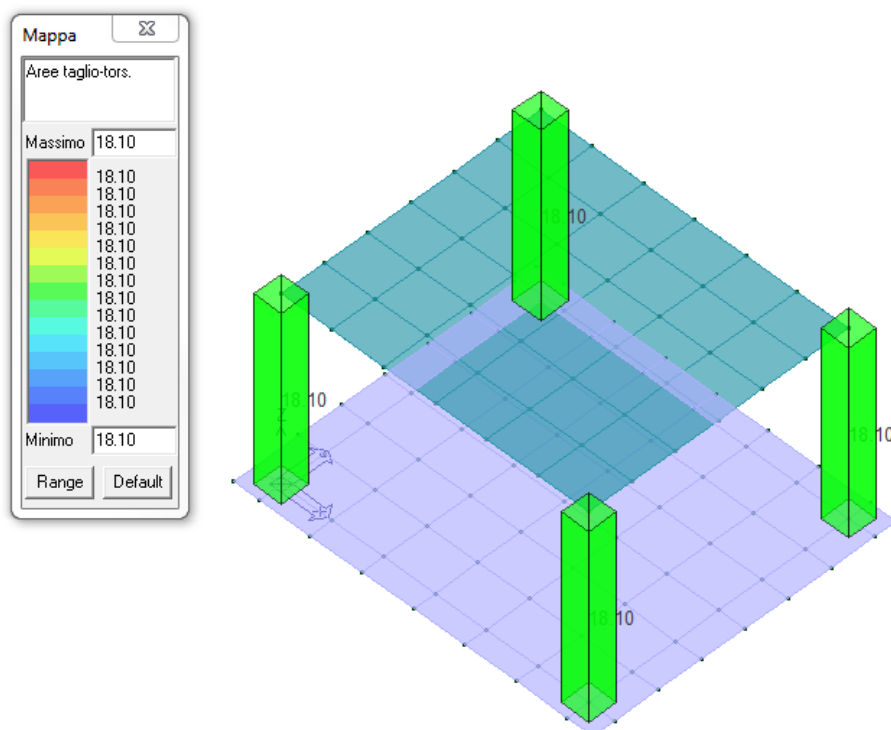
L'armatura a taglio per la soletta superiore è composta da un cavallotto  $\Phi$ 16x100x100, per la soletta inferiore si prevede un cavallotto  $\Phi$ 16x60x60



**Diagramma Af** Permette la visualizzazione mediante diagramma delle aree di armatura longitudinale ottenute dalla progettazione

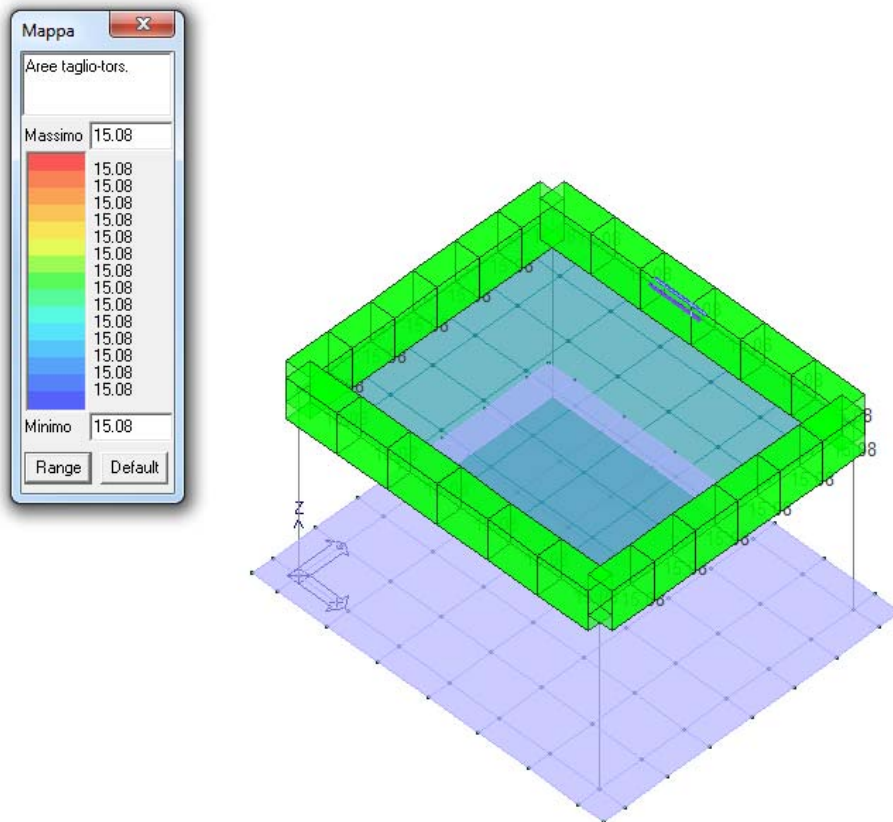


**Diagramma Af** Permette la visualizzazione mediante diagramma delle aree di armatura longitudinale ottenute dalla progettazione

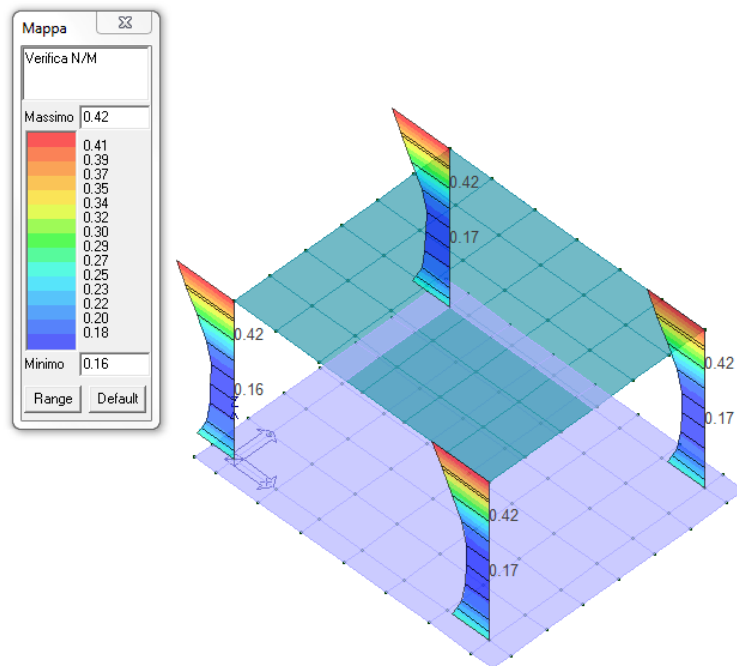


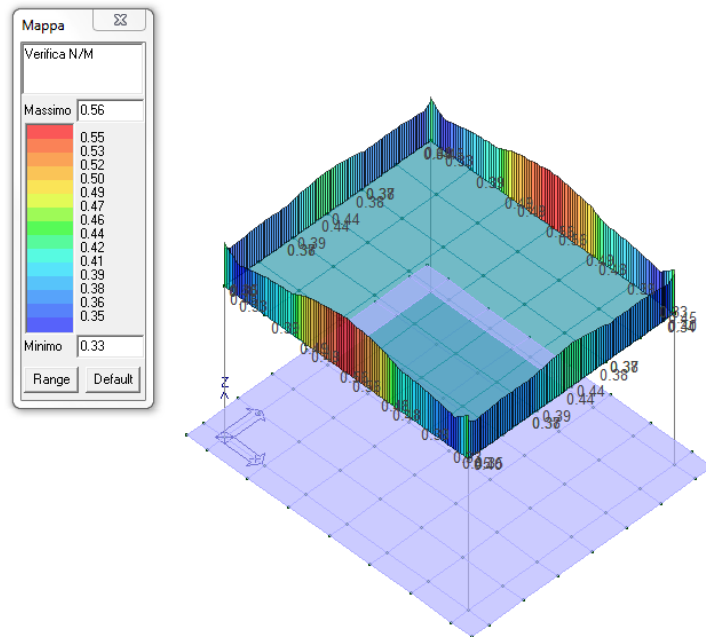
**Aree taglio-tors:** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori delle aree delle armature a scorrimento dovute alle sollecitazioni di taglio e torsione



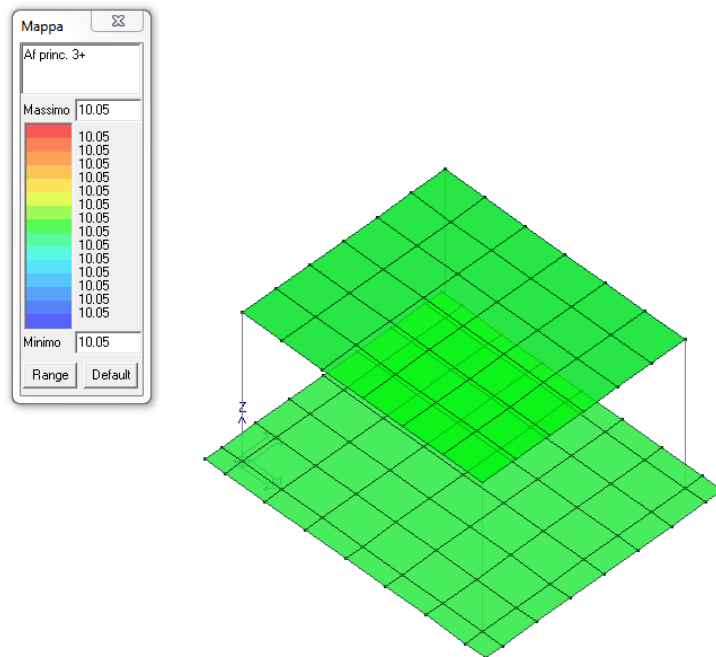


**Aree taglio-tors:** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori delle aree delle armature a scorrimento dovute alle sollecitazioni di taglio e torsione

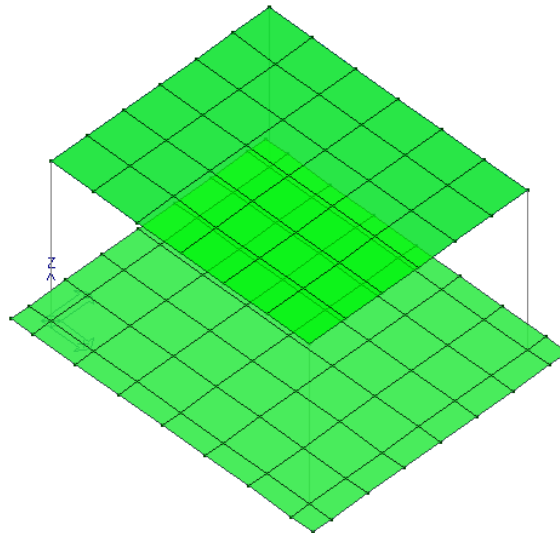
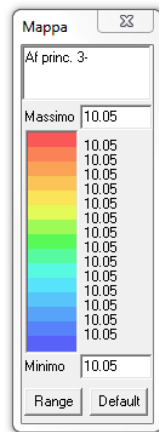




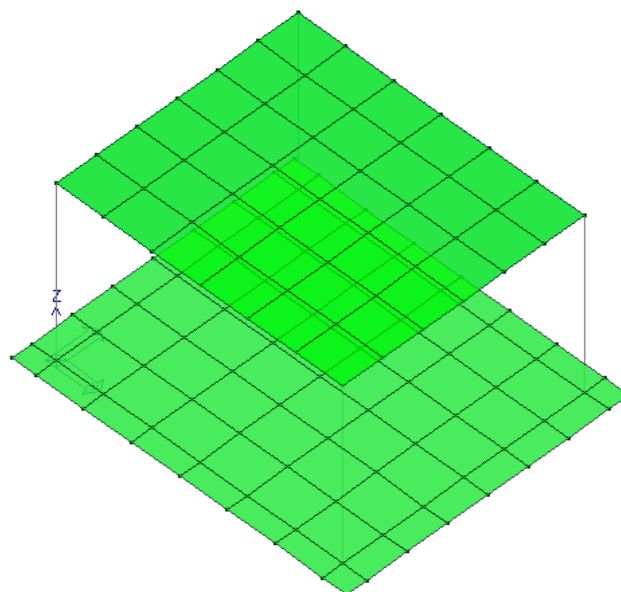
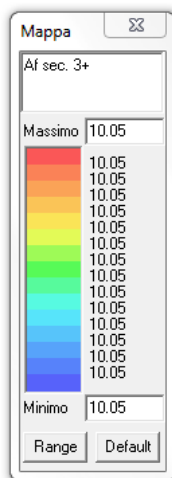
**Verifica N/M:** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi della verifica a pressoflessione come rapporto  $E_d/R_d$  ottenuto con incremento proporzionale delle sollecitazioni o a sforzo normale costante



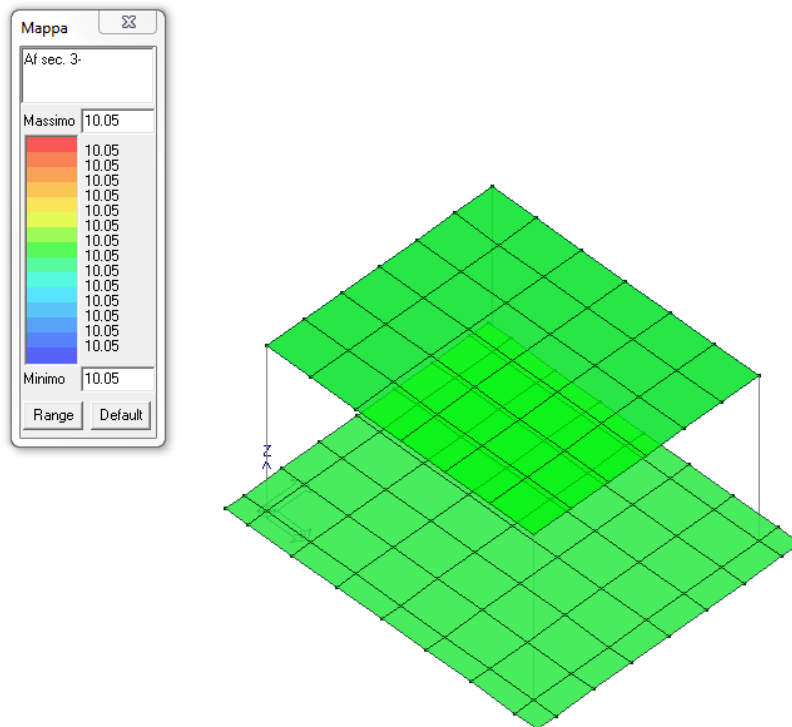
**Af princ:3+** Permette la visualizzazione dell'armatura principale, relativa alla faccia dell'elemento traslata rispetto all'asse di una quantità pari al semispessore in direzione 3 positiva



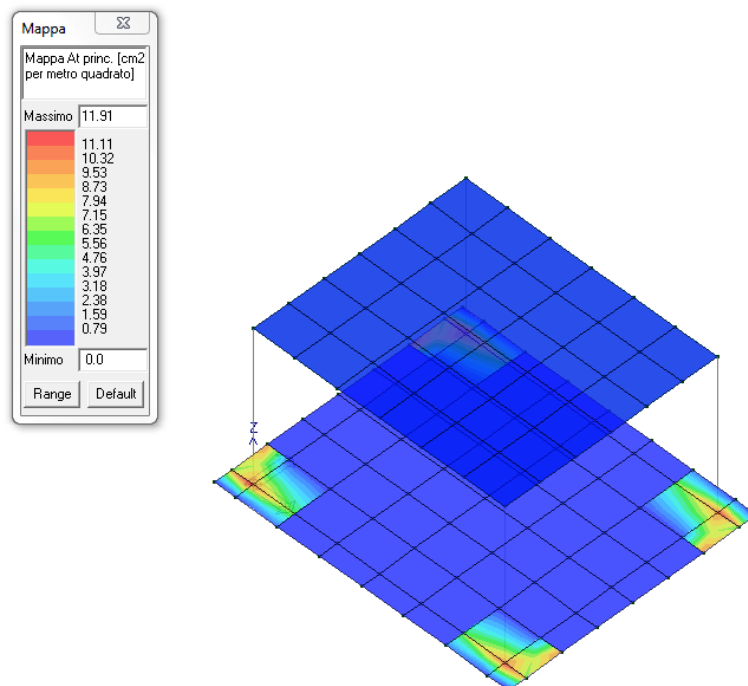
***Af princ. 3-*** Permette la visualizzazione dell'armatura principale, relativa alla faccia dell'elemento traslata rispetto all'asse di una quantità pari al semispessore in direzione 3 negativa



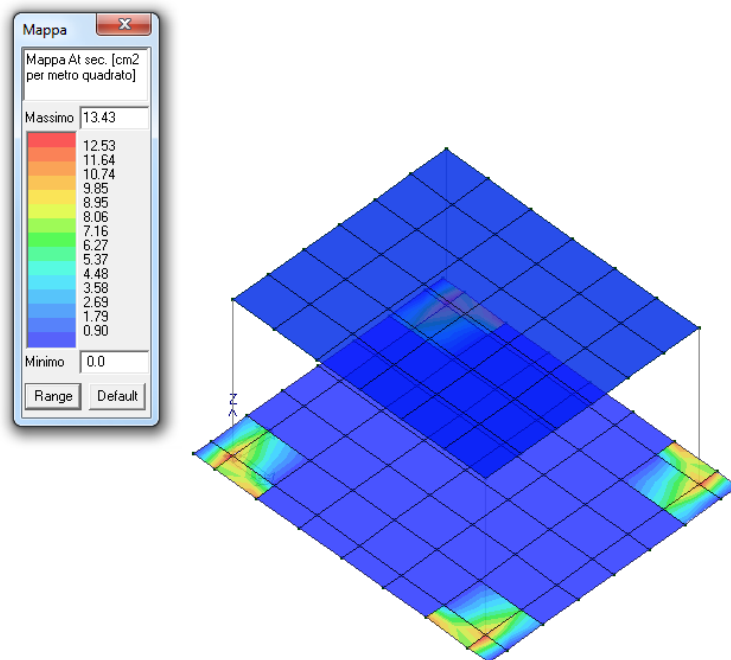
***Af sec. 3+*** Permette la visualizzazione dell'armatura secondaria, relativa alla faccia dell'elemento traslata rispetto all'asse di una quantità pari al semispessore in direzione 3 positiva.



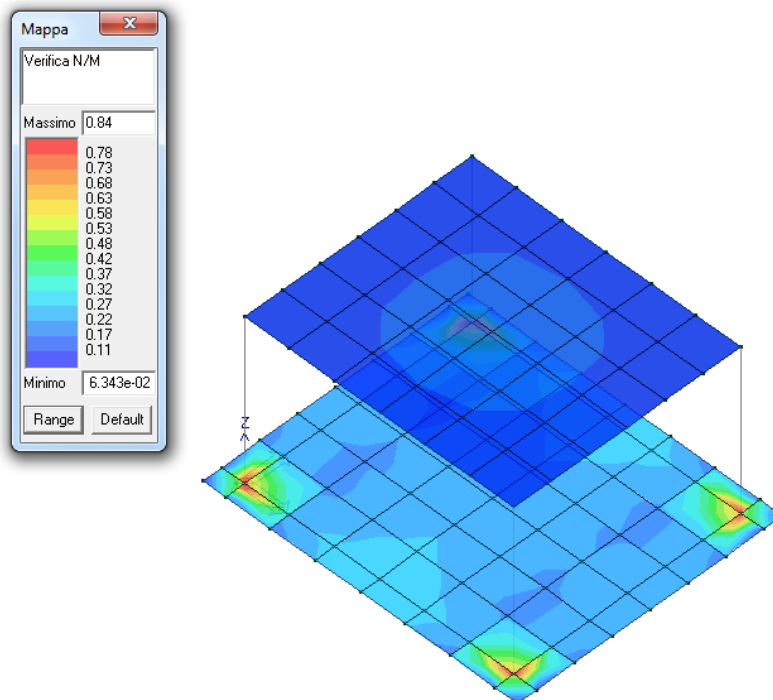
**Af sec. 3- Permette la visualizzazione dell'armatura secondaria, relativa alla faccia dell'elemento traslata rispetto all'asse di una quantità pari al semispessore in direzione 3 negativa**



**Mappa At princ. Riporta in mappa i cm2 di armatura necessari per il taglio in direzione principale. L'armatura è ottimizzata: il quantitativo necessario è calcolato imponendo che le verifiche a taglio lato acciaio diano come risultato 0.99. La resistenza dell'acciaio è calcolata con la formula 4.1.18. Il quantitativo di armatura è espresso in cm2/m2**



**Mappa At sec: Riporta in mappa i cm2 di armatura necessari per il taglio in direzione secondaria. L'armatura è ottimizzata: il quantitativo necessario è calcolato imponendo che le verifiche a taglio lato acciaio diano come risultato 0.99. La resistenza dell'acciaio è calcolata con la formula 4.1.18. Il quantitativo di armatura è espresso in cm2/m2**



**Verifica N/M** Permette la visualizzazione, mediante mappa di colore, dei valori massimi del rapporto  $S_d/S_u$  con sollecitazioni ultime proporzionali; il valore del rapporto deve essere minore o uguale a 1 per verifica positiva ( $S_d$  = sollecitazione di progetto,  $S_u$  = sollecitazione ultima)

### 7.3 VERIFICHE SLE

#### Verifica a Fessurazione

In relazione all'aggressività ambientale e alla sensibilità dell'acciaio, l'apertura limite delle fessure è riportato nel prospetto seguente:

Criteri di scelta dello stato limite di fessurazione

Gruppi di esigenza	Condizioni ambientali	Combinazione di azione	Armatura			
			Sensibile		Poco sensibile	
			Stato limite	wd	Stato limite	wd
a	Ordinarie	frequente	ap. fessure	$\leq w_2$	ap. fessure	$\leq w_3$
		quasi permanente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
b	Aggressive	frequente	ap. fessure	$\leq w_1$	ap. fessure	$\leq w_2$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$
c	Molto Aggressive	frequente	formazione fessure	-	ap. fessure	$\leq w_1$
		quasi permanente	decompressione	-	ap. fessure	$\leq w_1$

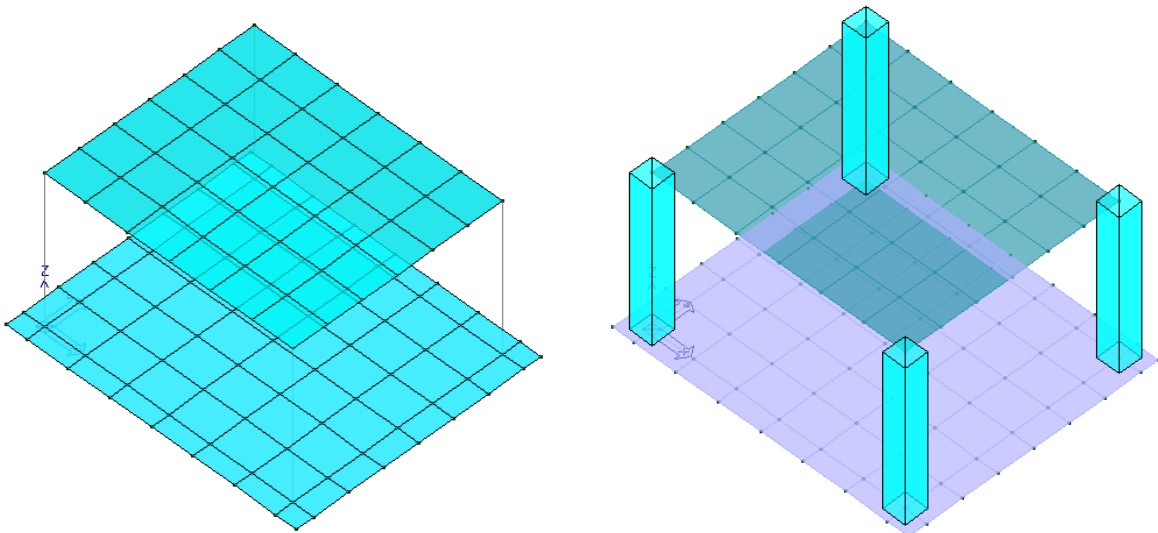
I valori limite sono pari a:

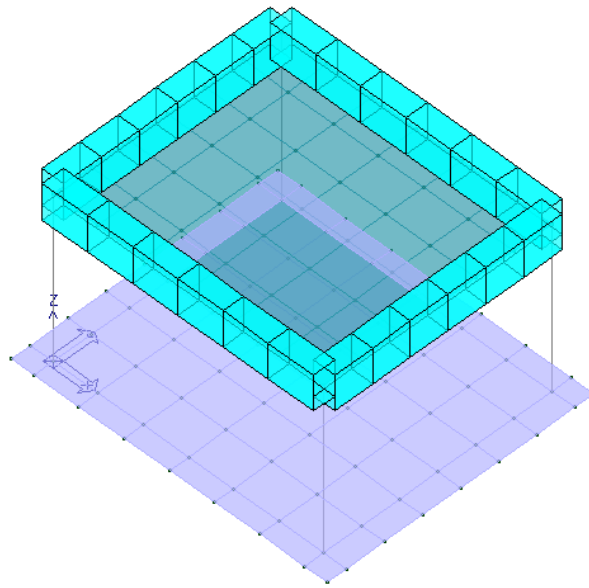
$$w_1 = 0.2 \text{ mm}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm}$$

$$w_3 = 0.4 \text{ mm}$$

Nel caso in esame si considera l'opera sottoposta a condizioni ordinarie.





**Stato verif. SLE** Permette la valutazione complessiva dello stato di verifica dalla struttura agli Stati Limite di Esercizio mediante colorazione, nel seguente modo: colore ciano elementi progettati e verificati; colore rosso elementi progettati e non verificati

## **8. CONCLUSIONI**

Dalle verifiche effettuate si può concludere che la struttura delle vasche risulta rispondere a tutti i requisiti di resistenza e funzionalità previsti allo SLU e SLE, con opportuno margine di sicurezza.