

LAVORI DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DI DUE CORPI DI FABBRICATO DELLA SEDE DELL'ISTITUTO PROFESSIONALE STATALE "OLIVETTI-CALLEGARI"

sito in Via Umago n. 18 – 48122 – Ravenna (RA)

Interventi Strutturali di Minore Rilevanza nei riguardi della pubblica incolumità "Nuove Costruzioni Strutturali di Minore Rilevanza"

ai sensi del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018), della relativa Circolare Applicativa n. 7 del 21/01/2019,
dell'art. 94bis, comma 1, lett. b3, del D.P.R. 380/2001 del 06/06/2001, del D.L. 32/2019 del 18 aprile 2019 - "Sblocca Cantieri",
del punto b3 dell'allegato del Decreto M.I.T. del 30 aprile 2020 ,
punto B.3 dell'allegato del D.G.R. dell'Emilia-Romagna n. 1814/2020 del 07/12/2020

COMMITTENTE

PROVINCIA DI RAVENNA

Piazza dei Caduti per la Libertà n. 2 - 48121 - Ravenna (RA)

Tel: +39 0544 258111 - PEC: provra@cert.provincia.ra.it

R.U.P.: Ing. Paolo Nobile

Tel: +39 0544 258150 - Email: pnobile@mail.provincia.ra.it

PROGETTAZIONE ESECUTIVA STRUTTURALE **Relazione di Calcolo e Verifica Strutturale dell'intervento**

PROVINCIA DI RAVENNA – RUP. Ing. Paolo Nobile Piazza dei Caduti per la Libertà n. 2 - 48121 - Ravenna (RA) Tel: +39 0544 258150 – Email: pnobile@mail.provincia.ra.it	PROGETTAZIONE ESECUTIVA STRUTTURALE		15/06/2023	PE_STR_02_REL.CALC_r.00
	Relazione di Calcolo e Verifica Strutturale		Verificato: Serpieri M.	Approvato: Sarti G.
	dell'intervento		Cod. Comm. 22.12.10	pag. 1/33

SOMMARIO

1. PREMESSA	4
2. PRINCIPALI RISULTATI IN OUTPUT DAI MODELLI NUMERICI STRUTTURALI DI CALCOLO IMPIEGATI	5
2.1 RISULTATI ANALISI MODALE	5
2.1.1 Corpo A.....	5
2.1.2 Corpo B.....	6
2.2 DEFORMATE STRUTTURALI.....	7
2.2.1 Corpo A.....	7
2.2.2 Corpo B.....	9
3. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E VERIFICHE STATICHE-SISMICHE STRUTTURALI.....	11
3.1 PREMESSA.....	11
3.2 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA.....	13
3.3 VERIFICA COLLEGAMENTI SALDATI	15
3.4 VERIFICA DEI PILASTRI E TRAVI IN C.A.....	17
3.4.1 Corpo A.....	17
3.4.2 Corpo B.....	17
3.5 VERIFICA DEI PARETI/SETTI IN C.A.	18
3.5.1 Corpo A.....	18
3.5.2 Corpo B.....	19
3.6 VERIFICA SOLETTE IN C.A.....	20
3.6.1 Corpo A.....	20
3.6.2 Corpo B.....	21
3.7 VERIFICA ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA	22
3.7.1 Corpo A.....	22
3.7.2 Corpo B.....	23
3.8 VERIFICA SPOSTAMENTI DI INTERPIANO	24
3.8.1 Corpo A.....	24
3.8.2 Corpo B.....	25
3.9 VERIFICA MARTELLAMENTO SISMICO	26
3.9.1 VERIFICA GIUNTO SISMICO - fra CORPO A e CORPO B.....	27
3.9.2 VERIFICA GIUNTO SISMICO - fra CORPO B ed EDIFICIO ESISTENTE.....	31
4. VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI SICUREZZA STRUTTURALE STATICO-SISMICO RAGGIUNTO, ED ASSEVERAZIONE CLASSE DI RISCHIO PRE-INTERVENTO (SDF) E POST-INTERVENTO (SDP) ..	33

Fase: PROGETTO ESECUTIVO

Oggetto: Lavori di sostituzione edilizia di due corpi di fabbricato della sede dell'Istituto Professionale Statale "Olivetti-Callegari" in Via Umago n.18 - Ravenna (RA)

Progettista: Arch. Filippo Pambianco

1. PREMESSA

La presente relazione è tesa ad illustrare i calcoli e verifiche strutturali degli interventi strutturali in progetto relativo a:

Progetto/Lavoro: LAVORI DI SOSTITUZIONE EDILIZIA DI DUE CORPI DI FABBRICATO DELLA SEDE DELL'ISTITUTO PROFESSIONALE STATALE
"OLIVETTI-CALLEGARI"

Sito Intervento: Via Umago n. 18 – 48122 – Ravenna (RA)

Rif. Catastale:

Coordinate Geografiche (Datum WGS84 GPS): Lat. 44.416263° N, Long. 12.218787° E

Altitudine a_s = 1.29 m s.l.m.

<https://goo.gl/maps/Q1ai7q83B5nMsGQx9>

Per ulteriori dettagli si rimanda alle relazioni "tecnico-illustrative" e "tabulati di calcolo e verifica" dell'intervento strutturale in progetto

2. PRINCIPALI RISULTATI IN OUTPUT DAI MODELLI NUMERICI STRUTTURALI DI CALCOLO IMPIEGATI

2.1 RISULTATI ANALISI MODALE

Qui di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'analisi FEM dei diversi modelli numerici strutturali utilizzati e descritti in precedenza.

2.1.1 Corpo A

Modo: identificativo del modo di vibrare.

Periodo: periodo. [s]

Massa X: massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa Y: massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa Z: massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa rot. X: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Y: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Z: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa sX: massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.

Massa sY: massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.992975

Traslazione Y: 0.988653

Traslazione Z: 0.992286

Rotazione X: 0.848567

Rotazione Y: 0.834778

Rotazione Z: 0.883072

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	0.420394097	0.00000323	0.21422808	0.000011634	0.129875641	0.000020184	0.110424461	0.00000323	0.21422808
2	0.387416789	0.000080368	0.001280317	0.000000125	0.000729668	0.000015047	0.000348107	0.000080368	0.001280317
3	0.385975333	0.000027049	0.003614348	0.000000569	0.001820632	0.000010996	0.001829932	0.000027049	0.003614348
4	0.362829009	0.000249455	0.001032292	0.000000529	0.000543876	0.000002796	0.001134233	0.000249455	0.001032292
5	0.360573983	0.000079354	0.01136634	0.000003489	0.007747984	0.000005901	0.017236669	0.000079354	0.01136634
6	0.340790905	0.000034027	0.002577958	0.000000046	0.002080818	0.000068333	0.002190886	0.000034027	0.002577958
7	0.321781082	0.00036307	0.005725337	0.000000717	0.006288917	0.000085901	0.002815957	0.00036307	0.005725337
8	0.308963144	0.021032702	0.000893167	0.000066197	0.000328453	0.003195543	0.006121797	0.021032702	0.000893167
9	0.290776585	0.002263365	0.347324875	0.000107747	0.134669332	0.000709131	0.530926405	0.002263365	0.347324875
10	0.253630365	0.574498899	0.002442862	0.005026902	0.007391303	0.125749511	0.041332396	0.574498899	0.002442862
11	0.201782422	0.000828342	0.018459573	0.108591964	0.095615285	0.096377101	0.00000422	0.000828342	0.018459573
12	0.199628058	0.00000027	0.111713222	0.039846073	0.001471794	0.043263582	0.001817845	0.00000027	0.111713222
13	0.187527613	0.101784629	0.000327108	0.017245231	0.017133307	0.014819172	0.001633277	0.101784629	0.000327108
14	0.17093244	0.001352715	0.000366767	0.181284489	0.065132126	0.187751965	0.002182787	0.001352715	0.000366767
15	0.145149997	0.012461175	0.15872273	0.010307642	0.001542061	0.008730662	0.035073978	0.012461175	0.15872273
16	0.144228893	0.148391117	0.014659013	0.000018981	0.001429154	0.000220216	0.02901237	0.148391117	0.014659013
17	0.12993128	0.00071258	0.000756821	0.400817868	0.205216927	0.255489273	0.000073325	0.00071258	0.000756821
18	0.098401615	0.12855128	0.000139067	0.004065323	0.00129734	0.00510512	0.01453999	0.12855128	0.000139067
19	0.088942502	0.000259414	0.004151924	0.214231378	0.096958115	0.087729513	0.004776027	0.000259414	0.004151924
20	0.084798497	0.000001561	0.088871629	0.010659141	0.071294335	0.00542765	0.079597446	0.000001561	0.088871629

2.1.2 Corpo B

Modo: identificativo del modo di vibrare.

Periodo: periodo. [s]

Massa X: massa partecipante in direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa Y: massa partecipante in direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa Z: massa partecipante in direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa rot. X: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale X. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Y: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Y. Il valore è adimensionale.

Massa rot. Z: massa rotazionale partecipante attorno la direzione globale Z. Il valore è adimensionale.

Massa sX: massa partecipante in direzione Sisma X. Il valore è adimensionale.

Massa sY: massa partecipante in direzione Sisma Y. Il valore è adimensionale.

Totale masse partecipanti:

Traslazione X: 0.999992

Traslazione Y: 0.999997

Traslazione Z: 0.999979

Rotazione X: 0.999977

Rotazione Y: 0.999158

Rotazione Z: 0.999975

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa Z	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa rot. Z	Massa sX	Massa sY
1	0.341507238	0.001237402	0.467765926	0.000815824	0.033912666	0.000431957	0.237465964	0.001237402	0.467765926
2	0.280775607	0.007265321	0.018281946	0.000145139	0.003299437	0.001395177	0.144320818	0.007265321	0.018281946
3	0.172078994	0.965070468	0.000693713	0.000000003	0.000010569	0.009395065	0.244511587	0.965070468	0.000693713
4	0.131885577	0.000027266	0.469285751	0.034427162	0.055902224	0.038429206	0.331312848	0.000027266	0.469285751
5	0.129099485	0.013627762	0.028164011	0.000366105	0.000236576	0.016398908	0.006165625	0.013627762	0.028164011
6	0.124918077	0.004621836	0.003638227	0.005627086	0.003962574	0.000039124	0.011998815	0.004621836	0.003638227
7	0.122124271	0.00015567	0.010143243	0.939206954	0.886631947	0.799495738	0.009404972	0.00015567	0.010143243
8	0.120918242	0.007605713	0.00000016	0.014615129	0.011554205	0.128811505	0.012163805	0.007605713	0.00000016
9	0.101483856	0.000085423	0.000260503	0.001255454	0.001420303	0.001567064	0.000563856	0.000085423	0.000260503
10	0.07470673	0.00016323	0.000000314	0.000018808	0.000036557	0.000040953	0.00010627	0.00016323	0.000000314
11	0.064521511	0.000047654	0.000012947	0.000000095	0.000001814	0.000000008	0.000005771	0.000047654	0.000012947
12	0.061835668	0.000010856	0.001204731	0.000034265	0.000015879	0.000027991	0.001704766	0.000010856	0.001204731
13	0.056281219	0.000023895	0.000224256	0.0002274	0.000121431	0.000197189	0.00001594	0.000023895	0.000224256
14	0.054773055	0.000008407	0.00019287	0.000072026	0.000110837	0.000248621	0.000130315	0.000008407	0.00019287
15	0.047100646	0.000009957	0.000026807	0.00014884	0.000128411	0.000160709	0.000001843	0.000009957	0.000026807
16	0.04553574	0.000000119	0.000007073	0.000257773	0.000187068	0.000369443	0.000006429	0.000000119	0.000007073
17	0.039711575	0.000000132	0.000040576	0.002442489	0.002105467	0.001663824	0.0000031707	0.000000132	0.000040576
18	0.026793877	0.000024214	0.000010215	0.000064076	0.000056291	0.000060769	0.000037589	0.000024214	0.000010215
19	0.025845555	0.000004021	0.000000033	0.000248546	0.000277143	0.000420572	0.000000101	0.000004021	0.000000033
20	0.018611239	0.000002921	0.000044176	0.000006281	0.000005523	0.00000382	0.00002647	0.000002921	0.000044176

2.2 DEFORMATE STRUTTURALI

Qui di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dei risultati ottenuti dall'analisi FEM dei diversi modelli numerici strutturali utilizzati e descritti in precedenza.

2.2.1 Corpo A

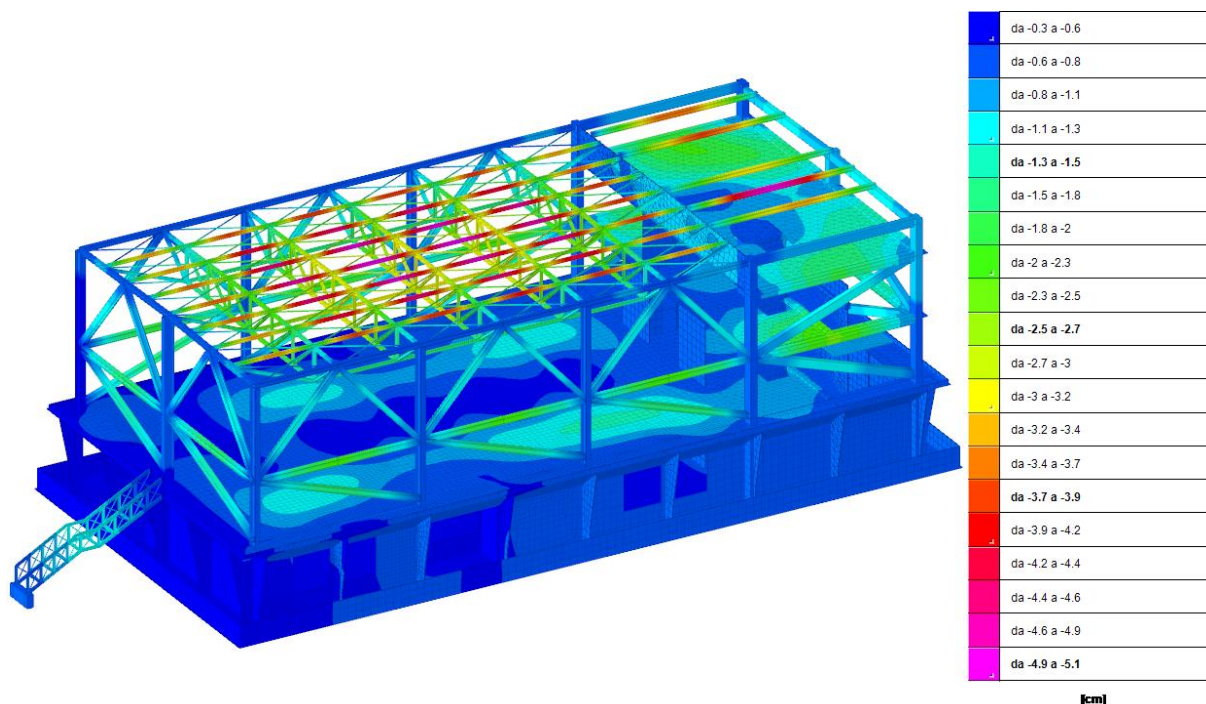


Figura 1 – Mappa a colori della deformata strutturale Uz – Comb. SLE Rara n. 15 – SDP – Corpo A

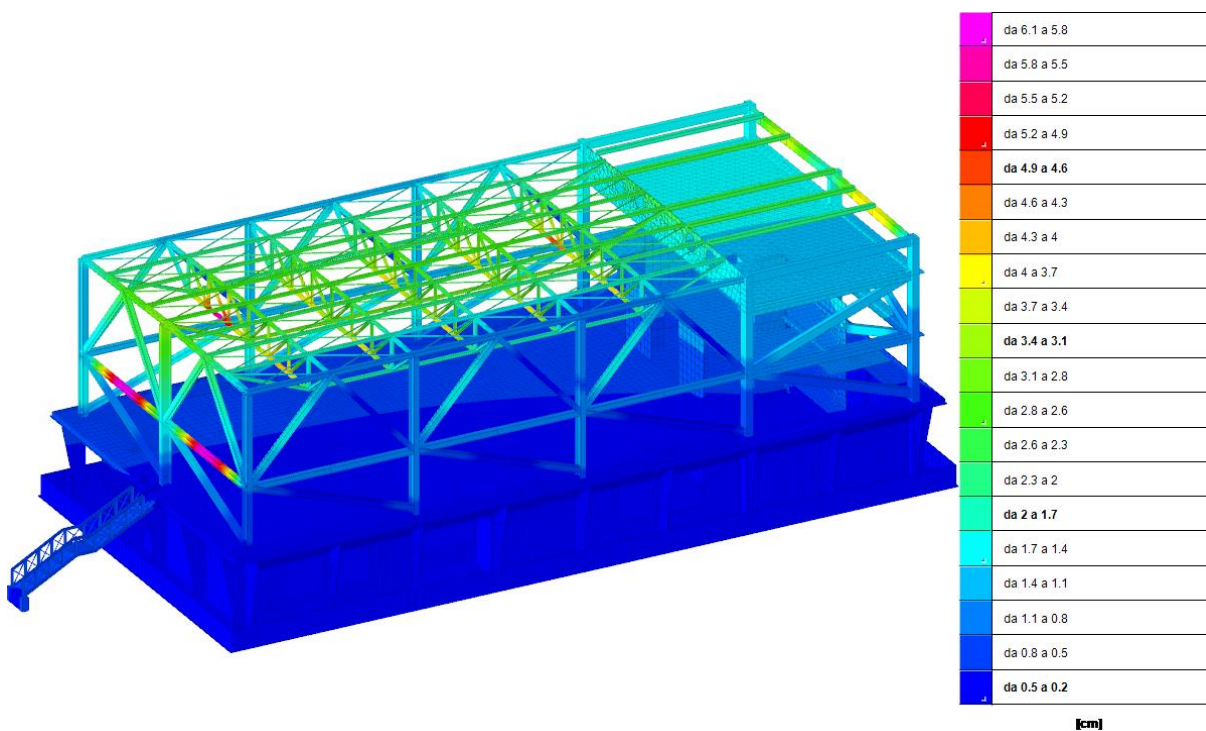


Figura 2 – Mappa a colori della deformata strutturale Ux – Comb. Sisma X SLV n.46 – SDP – Corpo A

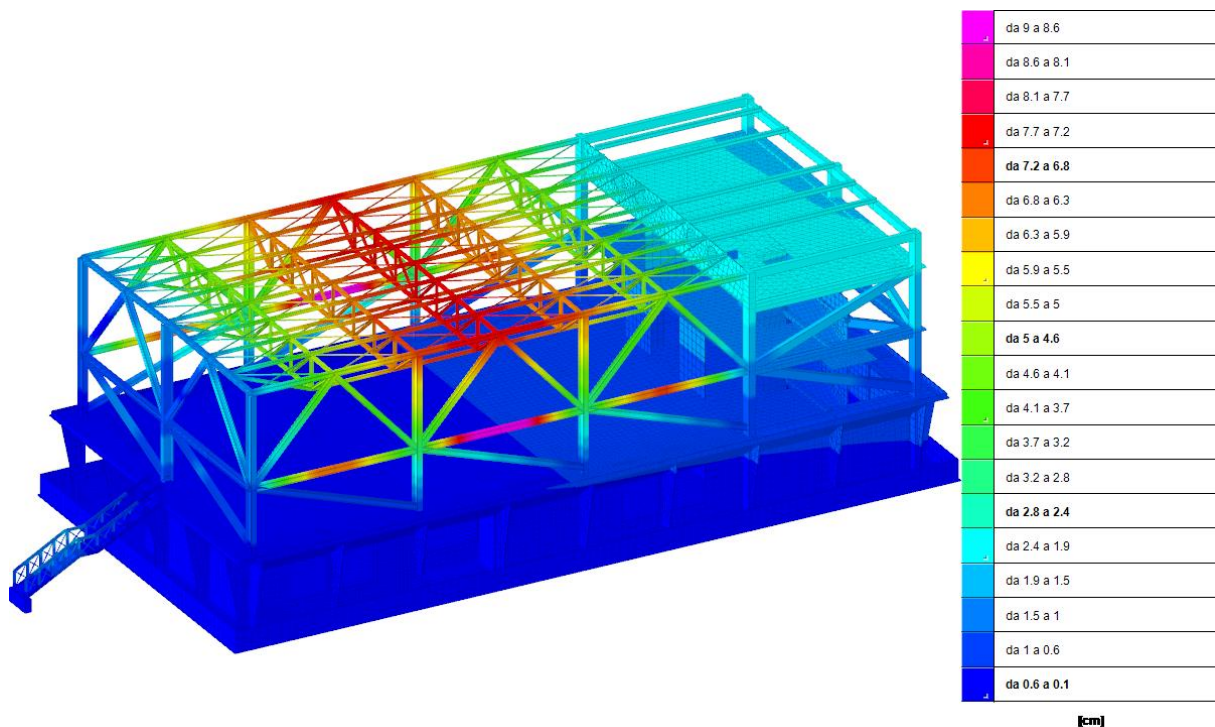


Figura 3 – Mappa a colori della deformata strutturale Uy – Comb. Sisma Y SLV n. 37 – SDP – Corpo A

2.2.2 Corpo B

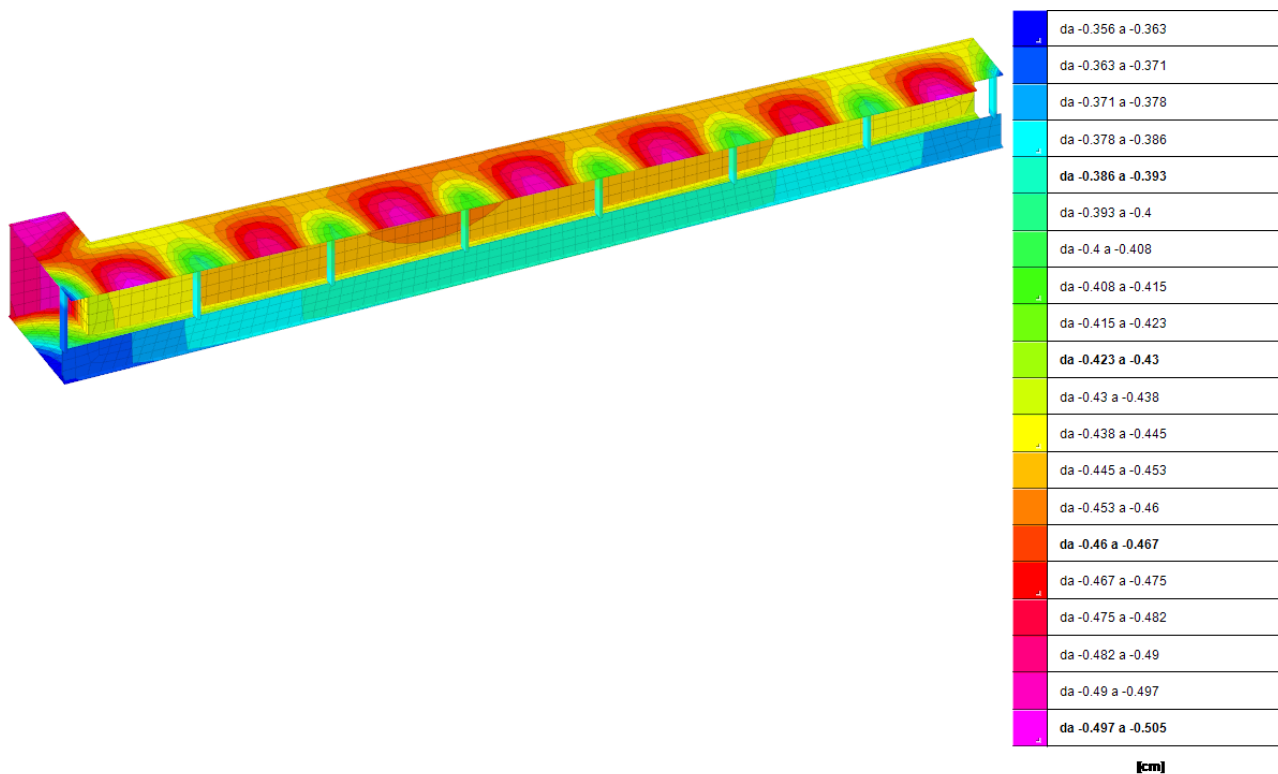


Figura 4 – Mappa a colori della deformata strutturale Uz – Comb. SLE Rara n. 15 – SDP – Corpo B

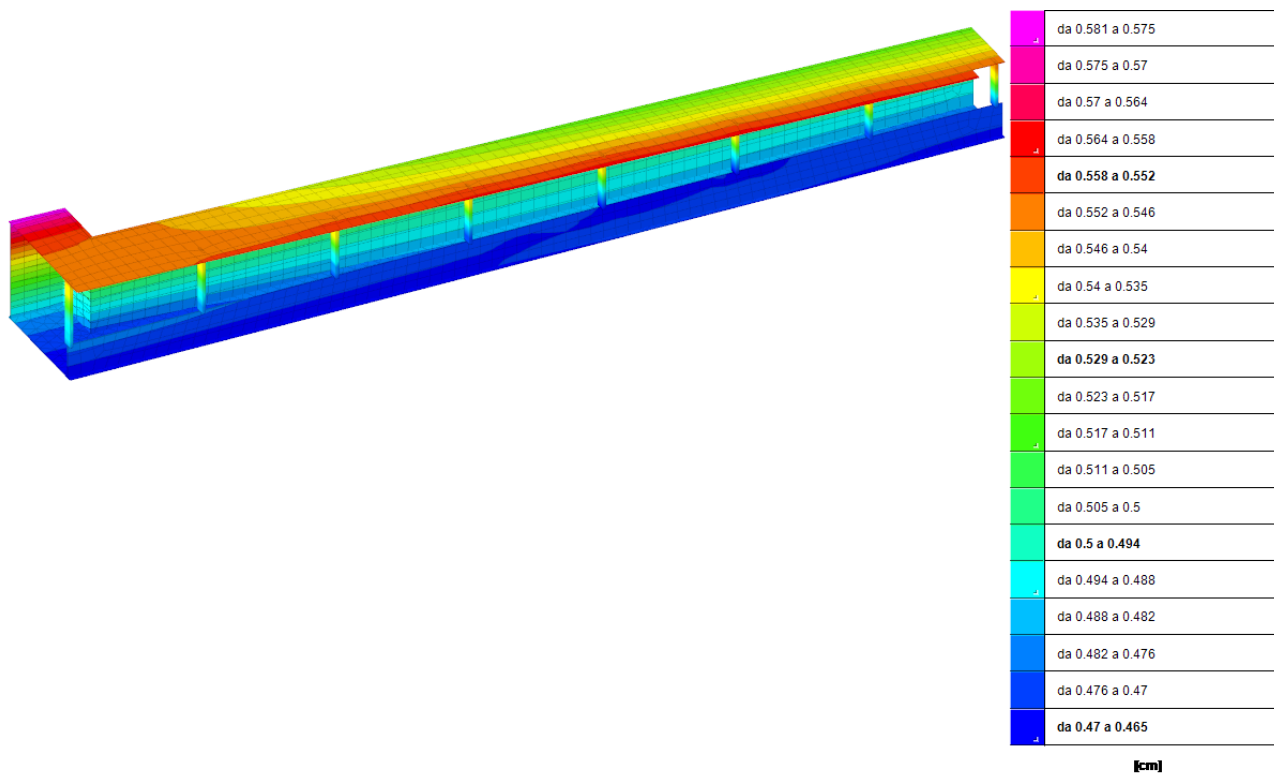


Figura 5 – Mappa a colori della deformata strutturale Ux – Comb. Sisma X SLV n. 46 – SDP – Corpo B

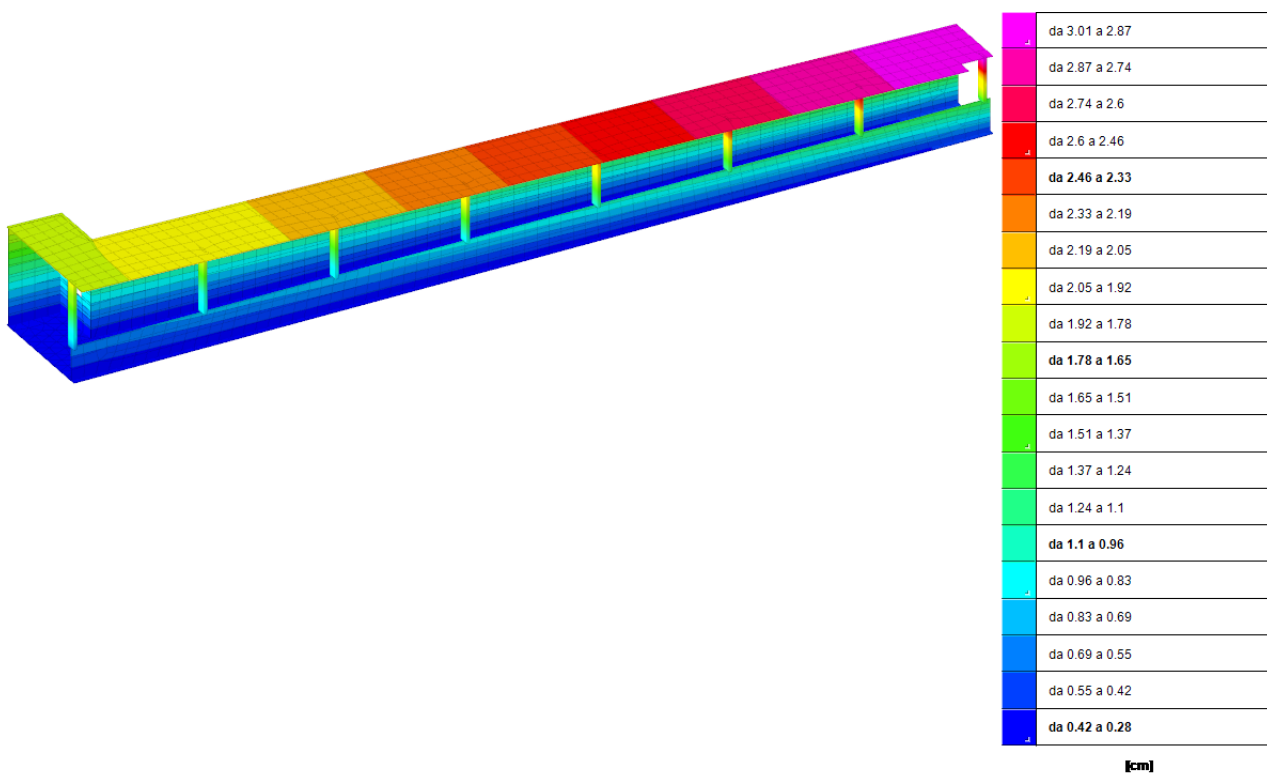


Figura 6 – Mappa a colori della deformata strutturale Uy – Comb. Sisma Y SLV n. 37 – SDP – Corpo B

3. VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITA' SISMICA E VERIFICHE **STATICHE-SISMICHE STRUTTURALI**

3.1 PREMESSA

La risoluzione della struttura avviene mediante una analisi F.E.M., attraverso l'assemblaggio delle matrici di rigidezza associate ai vari tipi di elementi finiti a comportamento meccanico predefinito e governato da specifica teoria associata alla formulazione matematico-numerica dell'elemento.

Per descrivere il comportamento elastico degli elementi monodimensionali (tipo travi e pilastri) si utilizzano elementi finiti del tipo "beam" la cui definizione della matrice di rigidezza dell'elemento deriva dalla teoria di Timoshenko per le travi, ove si considera anche il contributo della rigidezza tagliante.

Per modellare il compostamento degli elementi bidimensionali si utilizzano elementi finiti del tipo "Plate/Shell" la cui definizione della matrice di rigidezza dell'elemento deriva dalla teoria di Mindlin-Reissner, ovvero che considera il contributo della rigidezza tagliante.

A seguito dell'intersezione geometrica dei vari elementi si vengono a creare nodi rigidi che sono adeguatamente schematizzati mediante l'inserimento di link a comportamento rigido.

Grazie alla raffinatezza dei modelli di calcolo è possibile analizzare il comportamento di tutti gli elementi compositivi, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare.

I criteri di modellazione prevedono la riproduzione fedele delle strutture così come sono state progettate e si prescrive siano realizzate.

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite impiegando le formule di verifica dei vari elementi strutturali contenute negli specifici paragrafi della normativa NTC 2018 (D.M. 17 Gennaio 2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni").

Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU), Stato Limite di Esercizio (SLE) in condizioni statiche e Stato Limite di Salvaguardia della vita (SLV), Stato Limite di Danno (SLD) in condizioni sismiche (in alcuni casi in condizioni sismiche sono presenti anche verifiche Stato Limite Operatività (SLO) e Stato Limite di Collasso (SLC), in particolare per strutture di categoria III e IV).

Il Testo Unico (NTC 2018) ha l'obiettivo di identificare in modo chiaro i livelli di sicurezza e le prestazioni delle costruzioni, unifica sia le norme relative al comportamento e resistenza dei materiali e delle strutture, sia quelle relative alla definizione delle azioni e dei loro effetti sulle strutture stesse.

La valutazione della resistenza e delle azioni può essere così sviluppata in maniera coerente ed armonica, da costituire un sistema completo in cui possa raggiungere significatività, coerenza ed affidabilità, la valutazione della sicurezza delle costruzioni ai fini della pubblica incolumità.

Le verifiche di ogni elemento strutturale e dell'intera struttura nel suo complesso sono svolte in termini di resistenza (capacità portante), rigidezza (deformabilità) e stabilità elastica.

Il metodo semiprobabilistico si basa sulla valutazione della sicurezza in termini di probabilità di crisi della struttura, la quale deve risultare minore di una probabilità di riferimento prevista dalla norma.

Le incertezze che si riscontrano nello studio derivano da come vengono valutate le caratteristiche resistenti e sollecitanti e dal modello adottato per il calcolo.

La determinazione delle sollecitazioni a cui è sottoposta la struttura, per effetto del peso proprio e delle altre azioni agenti dovute ai carichi permanenti ed accidentali, è stata effettuata con i metodi classici della Scienza delle Costruzioni; in particolare utilizzando le equazioni di equilibrio, congruenza e legame reologico delle strutture in forma matriciale, discretizzando il sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali che descrivono il problema in sistemi di equazioni algebriche tramite il metodo agli elementi finiti.

La risoluzione di tale sistema di equazioni algebriche avviene impiegando la risoluzioni di sistemi matriciali e ricostruendo le funzioni dei campi di tensione e spostamento della struttura tramite apposite funzioni di forma degli elementi.

Noti i campi di spostamento e tensione in ogni punto della struttura è possibile verificare che tali sollecitazioni e deformazioni siano inferiori ai relativi valori limite di progetto imposti dalle norme per ogni tipologia di materiale e caso di verifica.

Qui di seguito si riportano i principali risultati ottenuti dall'analisi FEM dei diversi modelli numerici strutturali utilizzati e descritti in precedenza.

Per ulteriori dettagli in merito si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.2 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

Si è proceduto alla valutazione della sicurezza sismica del fabbricato in esame affidandosi all'analisi elasto-plastica statica non-lineare incrementale (analisi pushover)

L'analisi pushover ha il vantaggio di investigare il comportamento fino al collasso globale della struttura. Imponendo uno spostamento nel nodo di controllo via via maggiore, cui è associato per l'appunto una forza orizzontale di spinta, l'analisi evidenzia a ogni passo le rotture duttili e fragili dei vari elementi strutturali, imponendo a ogni passo il ricalcolo delle sollecitazioni agenti a seguito del cambio di schema statico generale, dovuto alle cerniere plastiche imposte in corrispondenza dei meccanismi duttili. L'analisi s'interrompe quando la struttura non è più in grado di equilibrare almeno l'80/85% della massima forza raggiunta, ossia si ritiene che la struttura sia giunta al collasso.

Ovviamente, prima del collasso globale della struttura, si possono raggiungere rotture fragili o eccessive plasticizzazioni; è evidente che tali situazioni locali di pericolo devono essere analizzate e considerate, tuttavia cogliere il comportamento globale della struttura (ad li là delle crisi locali) è importante per valutare la percentuale globale di adeguamento sismico del fabbricato, la sua sovraresistenza (rapporto tra forza ultima e forza corrispondente alla prima plasticizzazione) e duttilità (escursione in campo plastico).

Difatti con un'analisi lineare dinamica modale a spettro di risposta tradizionale non è possibile studiare la sovraresistenza e duttilità del fabbricato.

La valutazione della sicurezza sismica globale è svolta sulla base delle curve di capacità forza-spostamento risultanti dall'analisi pushover, mentre la valutazione di sicurezza locale dei singoli elementi strutturali è stata determinata in base ai risultati delle verifiche strutturali effettuate successivamente ad ogni passo dell'analisi di spinta.

L'azione sismica di riferimento viene definita, in base al sito di costruzione ed all'importanza dell'edificio, in funzione della sua probabilità di superamento (P_{VR}) nel periodo di riferimento della struttura (V_R).

I valori di P_{VR} sono fissati in base alla prestazione richiesta, cioè ad un determinato Stato Limite.

Il periodo di ritorno dell'azione sismica di progetto è legato a V_R , ed a P_{VR} dalla seguente relazione:

$$T_R = -V_R / (\ln(1 - P_{VR}))$$

Tale valore identifica l'entità dell'azione sismica di verifica per una data struttura e può essere utilizzato per la stima del suo grado di sicurezza rispetto al sisma.

In fase di verifica e per gli edifici esistenti è quindi possibile calcolare il valore dell'entità dell'azione sismica rispetto alla quale la struttura è in grado di soddisfare un determinato Stato Limite.

Tale entità è rappresentata dal periodo di ritorno di capacità ($T_{R,C}$).

D'altro canto fissato uno stato limite, direttamente dalle prescrizioni della norma, si ottiene il valore dell'entità dell'azione sismica per la quale è necessario che la struttura garantisca le prestazioni attese affinché essa possa stimarsi come sicura. Tale entità è rappresentata dal periodo di ritorno di domanda ($T_{R,D}$).

Detto ciò, dalla seguente relazione, viene definito indice di rischio sismico in termini di accelerazione

$$I_{R,PGA,MIN} = A_g(T_{R,C})/A_g(T_{R,D})$$

La normativa definisce l'azione sismica per tempi di ritorno compresi fra 30 e 2475 anni, quindi gli indicatori di rischio possono assumere valori compresi in intervalli dipendenti dal periodo di riferimento della struttura e dallo Stato Limite da verificare.

La valutazione dell'indicatore di rischio avviene attraverso un processo iterativo aumentando il valore della P_{VR} , fino al soddisfacimento delle verifiche per ogni Stato Limite.

Al termine della procedura si ricava il tempo di ritorno T_R e l'accelerazione al suolo del sisma massimo che la struttura è in grado di sopportare avendo soddisfatte le verifiche relative a tutti gli elementi della struttura.

Il rapporto fra l'accelerazione sopportabile e quella prevista nel sito di costruzione rappresenta l'Indice di rischio sismico in termini di PGA.

Con la determinazione dell'indice di rischio per ogni stato limite preso in considerazione si considera conclusa la verifica di vulnerabilità della struttura.

Sulla base di tali parametri è possibile comprendere quanto si è distanti dall'ottenere una struttura adeguata sismicamente (indice di rischio maggiore o uguale a 1 per ogni stato limite).

3.3 VERIFICA COLLEGAMENTI SALDATI

Per i collegamenti di strutture in acciaio mediante saldatura a cordone d'angolo le verifiche strutturali risultano automaticamente soddisfatte se si impone lo spessore s del cordone d'angolo pari o superiore a $\rho \cdot t$, ove t è lo spessore minore degli elementi collegati, e ρ l'opportuno moltiplicatore per cui vale l'uguaglianza (si faccia riferimento alle espressioni (4.2.76) e (4.2.77) delle N.T.C. 2018):

NOTE SALDATURE

a - DOVE NON SPECIFICATO IL LATO DELLE SALDATURE DEVE ESSERE MAGGIORE O UGUALE

$2n$ VOLTE LO SPESSORE MINIMO DEGLI ELEMENTI DA COLLEGARE

b - TUTTE LE SALDATURE A PIENA PENETRAZIONE SONO DI 1° CLASSE

c - TUTTE LE SALDATURE DI TESTA SONO A PIENA PENETRAZIONE, COMPRESSE QUELLE DA REALIZZARE IN OPERA

d - NORMATIVE: NTC 2018, UNI EN ISO 1090-1, UNI EN ISO 3834-3, UNI EN ISO 14174, UNI EN ISO 15613, UNI EN ISO 9606-1

e - MATERIALE DI APPORTO: 308 (per saldare inox AISI 304 con inox AISI 304); 309 (per saldare inox AISI 304 con acciaio al carbonio S275 JR) EN ISO 14341-A G424M213Si1 per saldare acciaio al carbonio S275 JR

DOVE LE SALDATURE NON SONO INDICATE:

Arco elettrico secondo UNI EN ISO 4063 - D.M. 17/01/2018

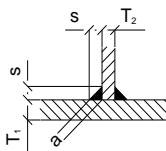
S235 $2n = 1.52$ $n = 0.76$

S275 $2n = 1.59$ $n = 0.795$

S355 $2n = 1.83$ $n = 0.915$

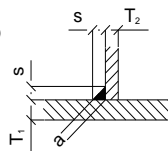
D'ANGOLO DOPPIO
(CON $T_2 \leq T_1$)

$n \times T_2 \leq s < T_1$
 $a = 0.7 \times s$



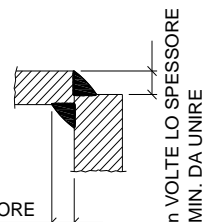
D'ANGOLO SINGOLO
(CON $T_2 \leq T_1$)

$2n \times T_2 \leq s < T_1$
 $a = 0.7 \times s$

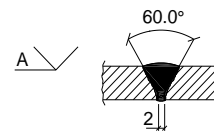
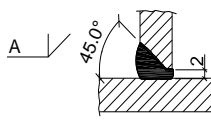
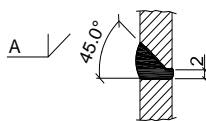


DI SPIGOLO DOPPIO

n VOLTE LO SPESSORE
MIN. DA UNIRE



TESTA PIENA PENETRAZIONE



NB: ove possibile impiegare saldature (realizzate in officina) di testa su tutto il contorno degli elementi collegati a completa penetrazione e completo ripristino, in alternativa (ove non specificatamente indicato) impiegare saldature (realizzate in officina) a doppio cordone d'angolo con spessore saldature $s = n \times T$ profili collegati (come da indicazioni riportate nella nota sulle saldature); ove non possibile realizzare saldature in officina si prescrive di realizzarle in opera e con controlli sulle saldature conformi a quanto riportato nelle NTC 2018

$$F_{w,Ed} = F_{w,Rd}$$

$$F_{w,Ed} = t \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}}$$

$$a = \frac{s}{\sqrt{2}} = \frac{\rho \cdot t}{\sqrt{2}}$$

$$F_{w,Rd} = \frac{a \cdot f_{tk}}{\sqrt{3} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} = \rho \cdot t \cdot \frac{f_{tk}}{\sqrt{6} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}$$

$$F_{w,Ed} = F_{w,Rd} \rightarrow t \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \rho \cdot t \cdot \frac{f_{tk}}{\sqrt{6} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}} \rightarrow \rho = \frac{f_{yk}}{f_{tk}} \cdot \frac{\sqrt{6} \cdot \beta \cdot \gamma_{M2}}{\gamma_{M0}}$$

Per acciaio S275 :

$$\rho = \frac{275}{430} \cdot \frac{\sqrt{6} \cdot 0.85 \cdot 1.25}{1.05} = 1.59$$

Per acciaio S275, le verifiche strutturali risultano automaticamente soddisfatte se si impone lo spessore s del cordone d'angolo pari o superiore a $1.59 \cdot t$, ove t è lo spessore minore degli elementi collegati.

Per spessore s del cordone d'angolo si intende ovviamente lo spessore totale della saldatura, per cui, nel caso di cordone d'angolo da un solo lato della membratura (saldatura a singolo cordone), lo spessore del singolo cordone dovrà porsi pari o superiore a $1.59 \cdot t$, mentre, nel caso di cordone d'angolo da ambo i lati della membratura (saldatura a doppio cordone), lo spessore del singolo cordone dovrà porsi pari o superiore a $1.59/2 \cdot t = 0.795 \cdot t$.

Negli elaborati grafici tutte le saldature a cordone d'angolo risultino automaticamente soddisfatte, in quanto soddisfano i requisiti sopra definiti.

3.4 VERIFICA DEI PILASTRI E TRAVI IN C.A.

Qui di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dei risultati ottenuti dall'analisi FEM dei vari modelli numerico strutturali FEM utilizzati e descritti in precedenza.

Le verifiche strutturali sono condotte secondo i criteri delle N.T.C. 2018 e della Circ. 7/2019.

Per ulteriori dettagli e verifiche in forma esaustiva estesa si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.4.1 Corpo A

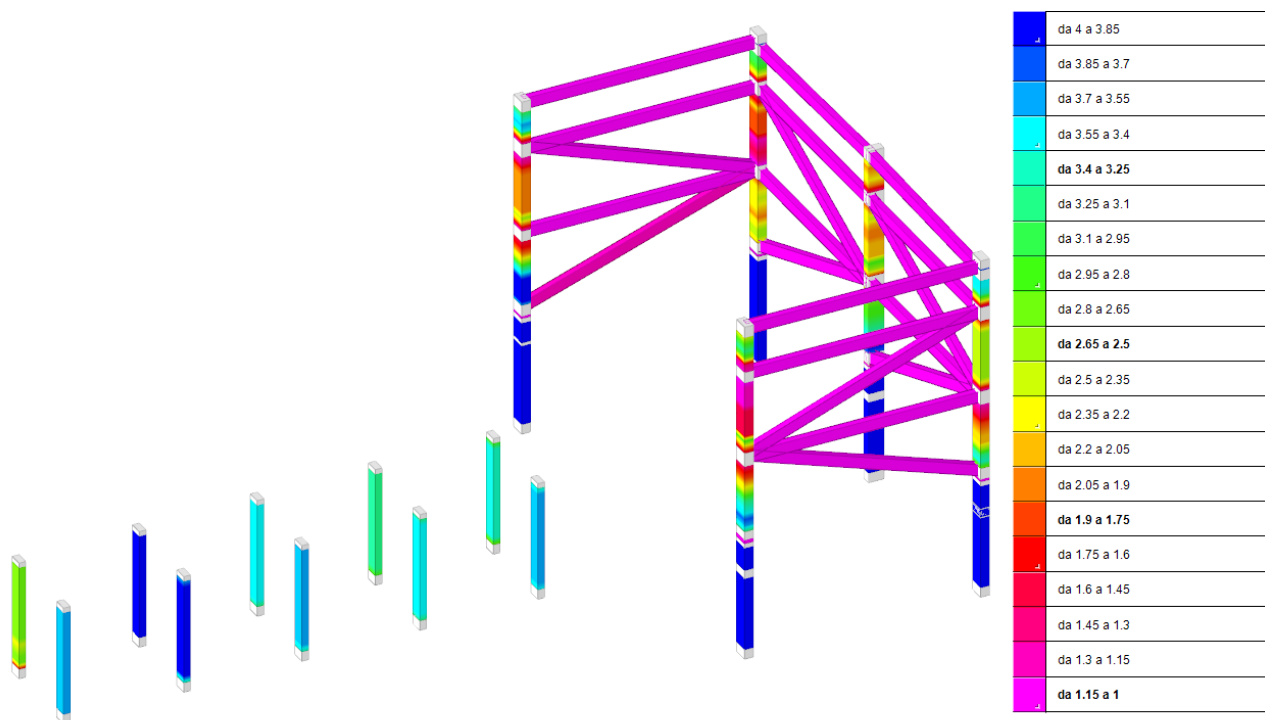


Figura 7 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo A

3.4.2 Corpo B

Non vi sono travi e pilastri in c.a. sul corpo B

3.5 VERIFICA DEI PARETI/SETTI IN C.A.

Qui di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dei risultati ottenuti dall'analisi FEM dei vari modelli numerico strutturali FEM utilizzati e descritti in precedenza.

Le verifiche strutturali sono condotte secondo i criteri delle N.T.C. 2018 e della Circ. 7/2019.

Per ulteriori dettagli e verifiche in forma esaustiva estesa si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.5.1 Corpo A

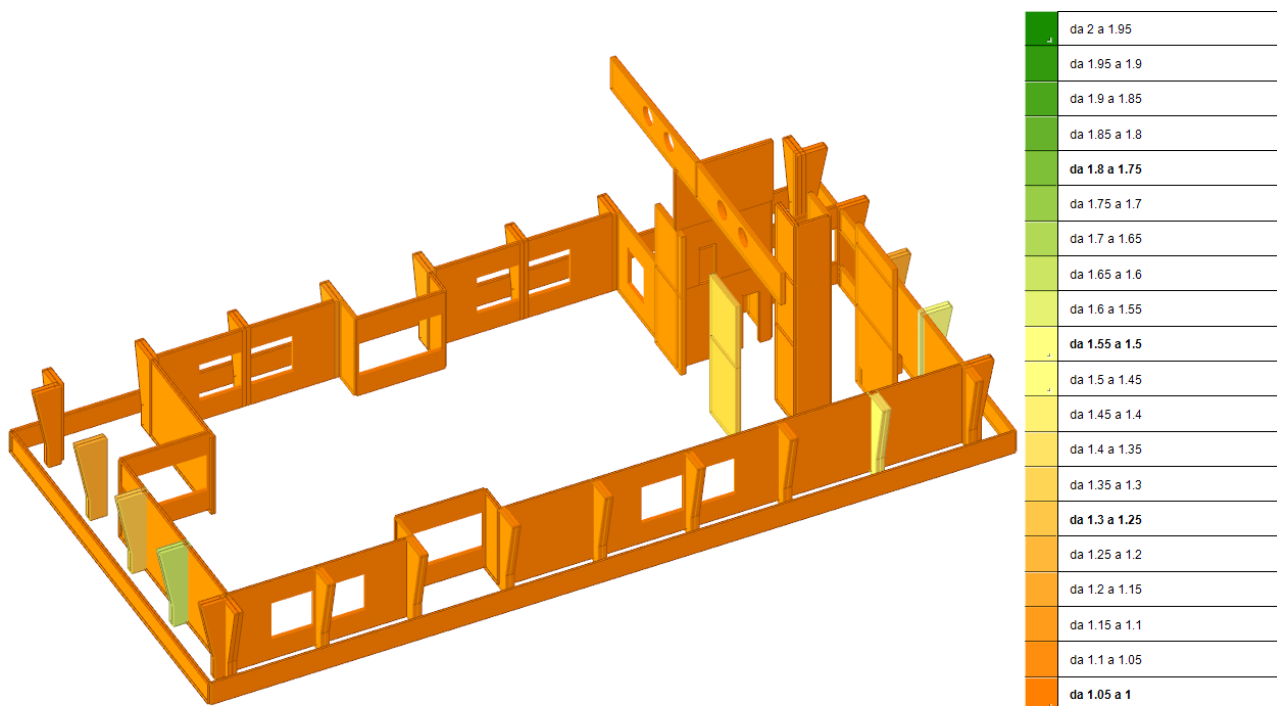


Figura 8 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo A

3.5.2 Corpo B

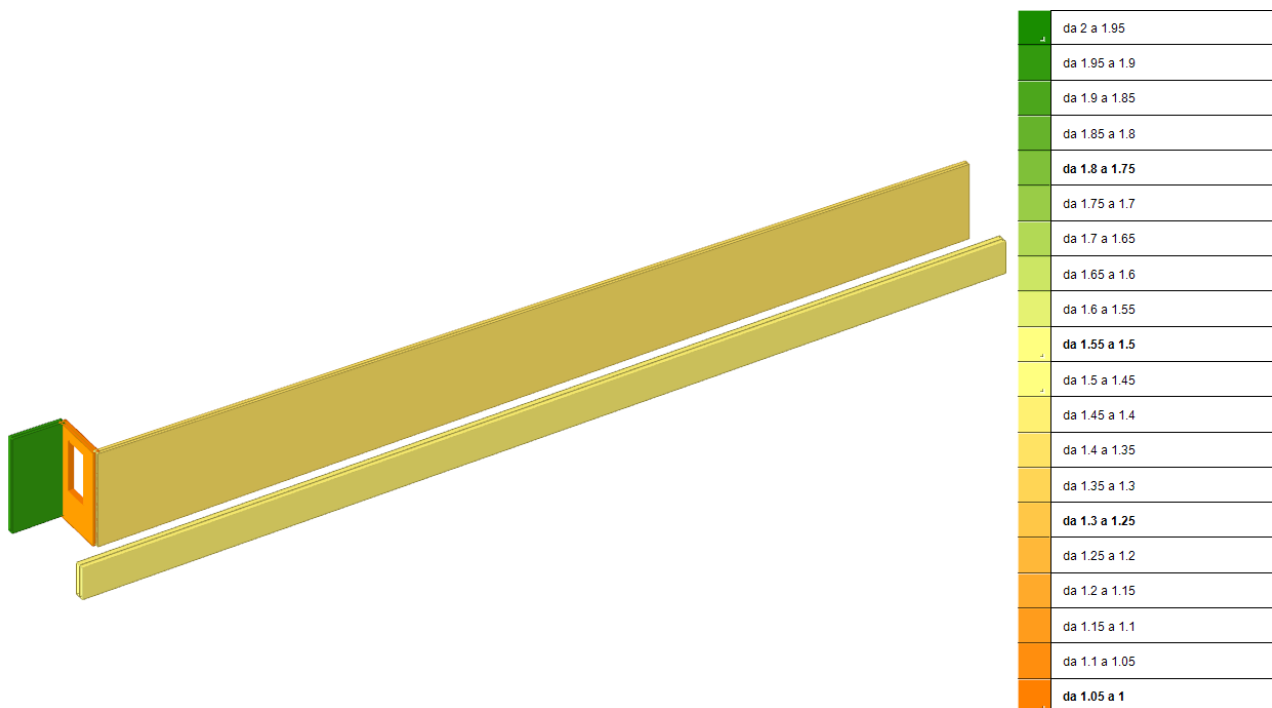


Figura 9 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo B

3.6 VERIFICA SOLETTE IN C.A.

Qui di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dei risultati ottenuti dall'analisi FEM dei vari modelli numerico strutturali FEM utilizzati e descritti in precedenza.

Le verifiche strutturali sono condotte secondo i criteri delle N.T.C. 2018 e della Circ. 7/2019.

Per ulteriori dettagli e verifiche in forma esaustiva estesa si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.6.1 Corpo A

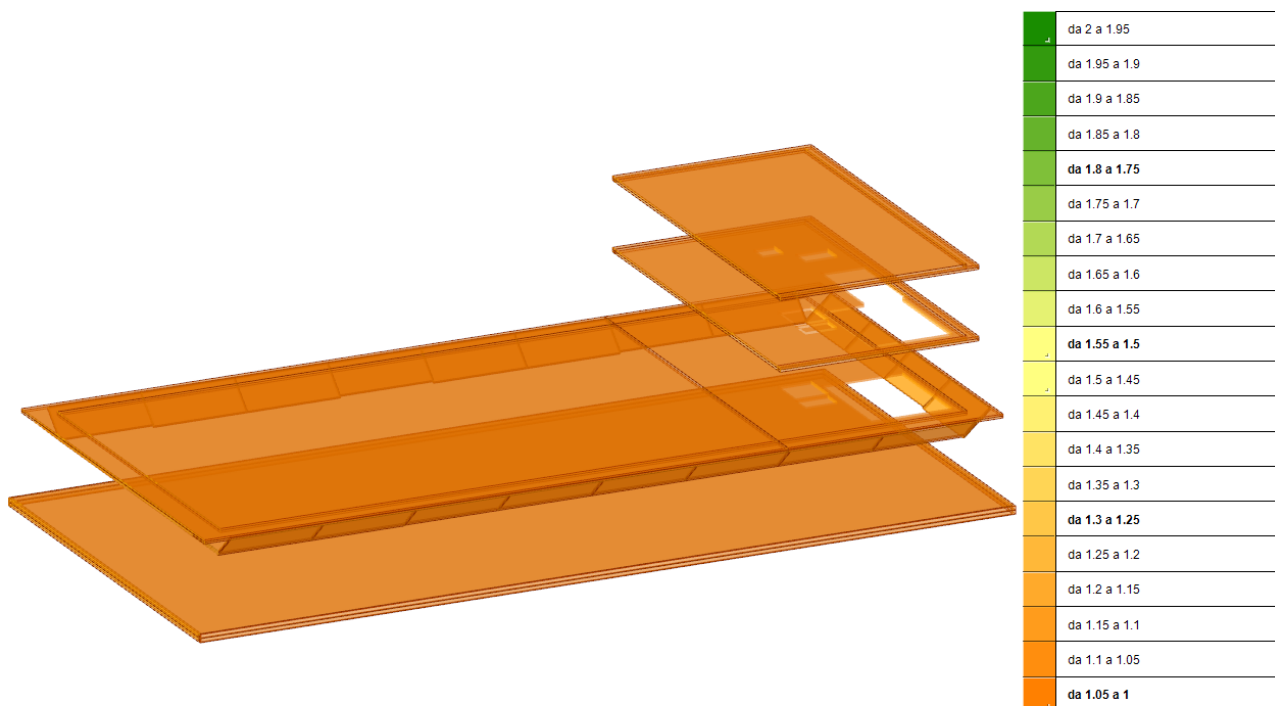


Figura 10 – Mappa a colori dell'inviluppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo A

3.6.2 Corpo B

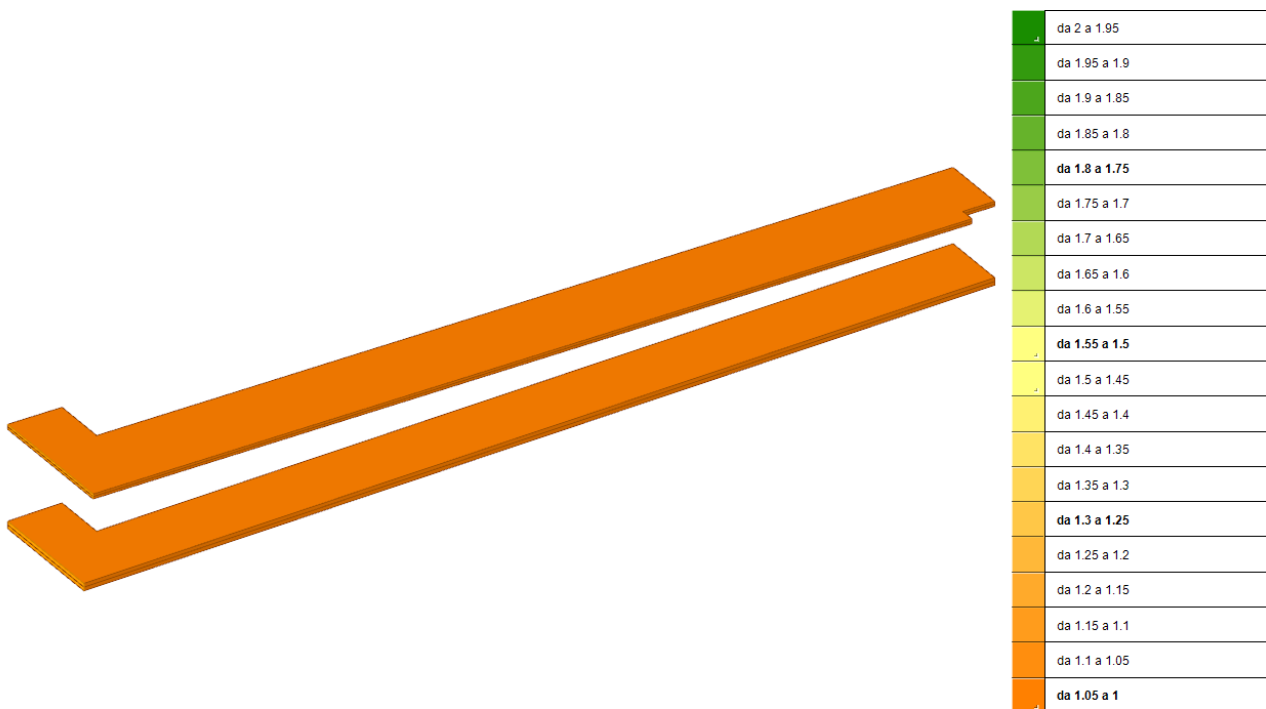


Figura 11 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo B

3.7 VERIFICA ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA

Qui di seguito si riportano alcune immagini esemplificative dei risultati ottenuti dall'analisi FEM dei vari modelli numerico strutturali FEM utilizzati e descritti in precedenza.

Le verifiche strutturali sono condotte secondo i criteri delle N.T.C. 2018 e della Circ. 7/2019.

Per ulteriori dettagli e verifiche in forma esaustiva estesa si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.7.1 Corpo A

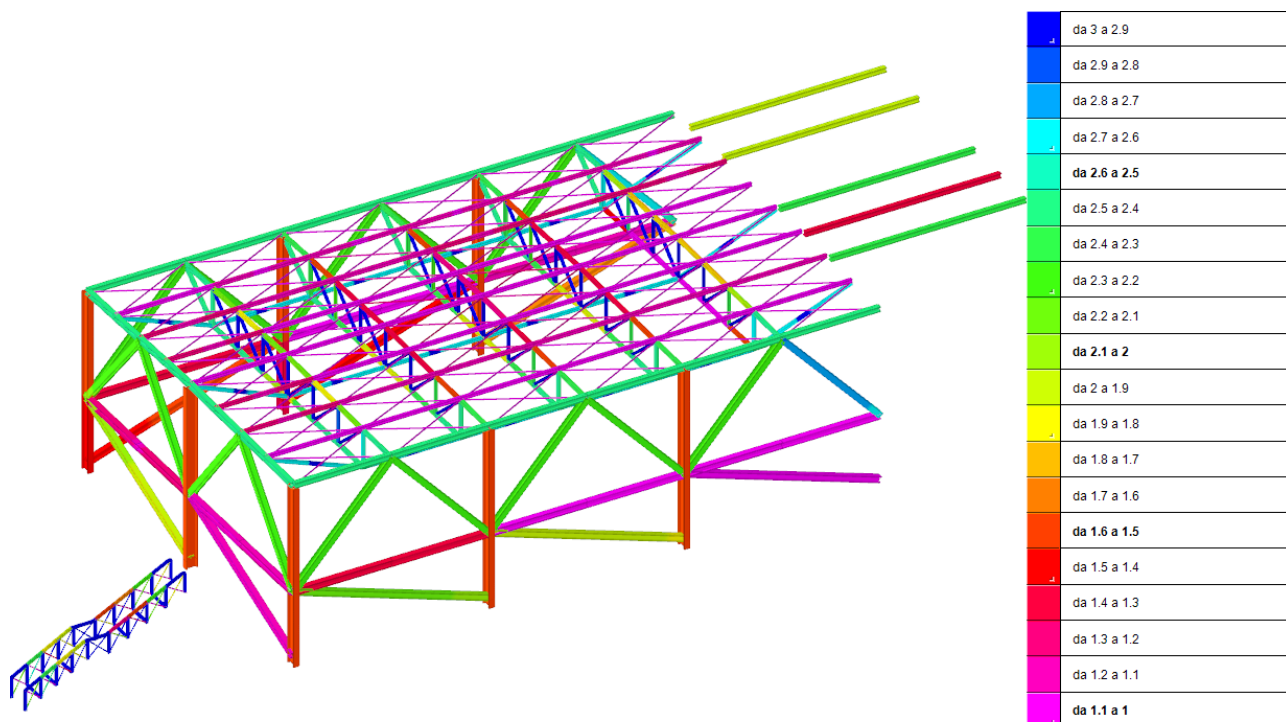


Figura 12 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo A

3.7.2 Corpo B

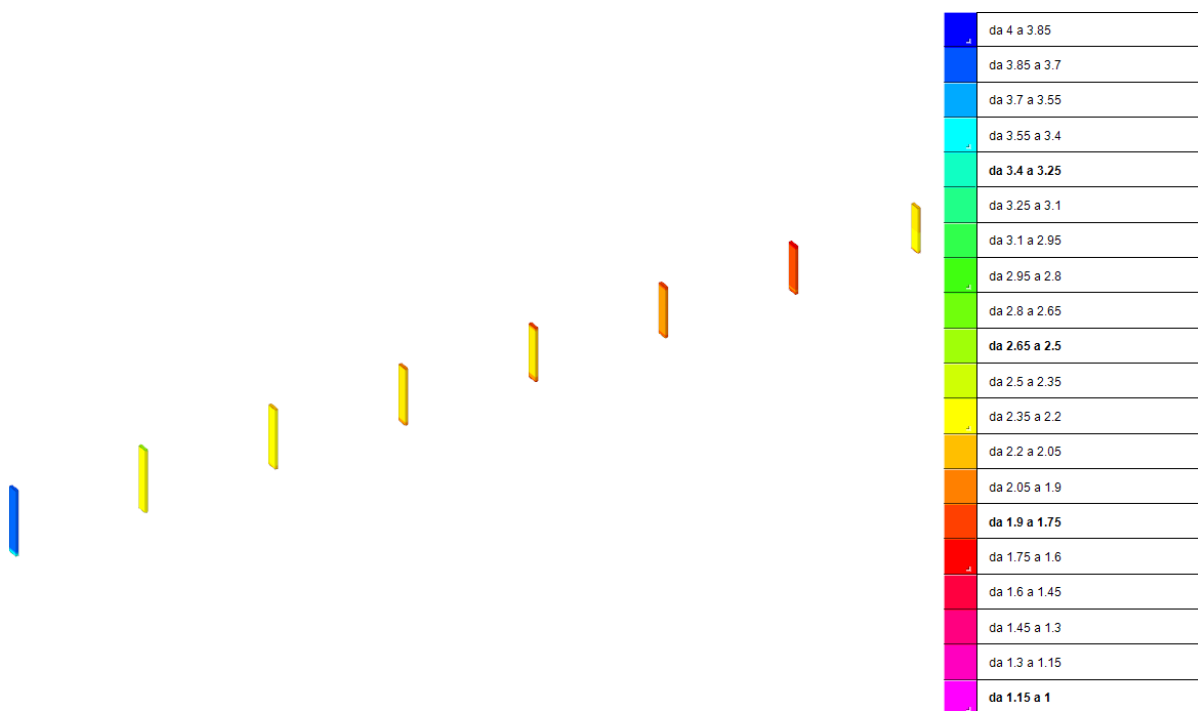


Figura 13 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli elementi – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo B

3.8 VERIFICA SPOSTAMENTI DI INTERPIANO

Si riportano di seguito il consuntivo delle verifiche degli spostamenti di interpiano.

Il valore limite di riferimento per la verifica degli spostamenti di interpiano per SLD è pari a 5/1000, mentre per lo SLO è pari a 3/1000

Per ulteriori dettagli e verifiche in forma esaustiva estesa si veda quanto riportato nei relativi tabulati di calcolo della struttura.

3.8.1 Corpo A

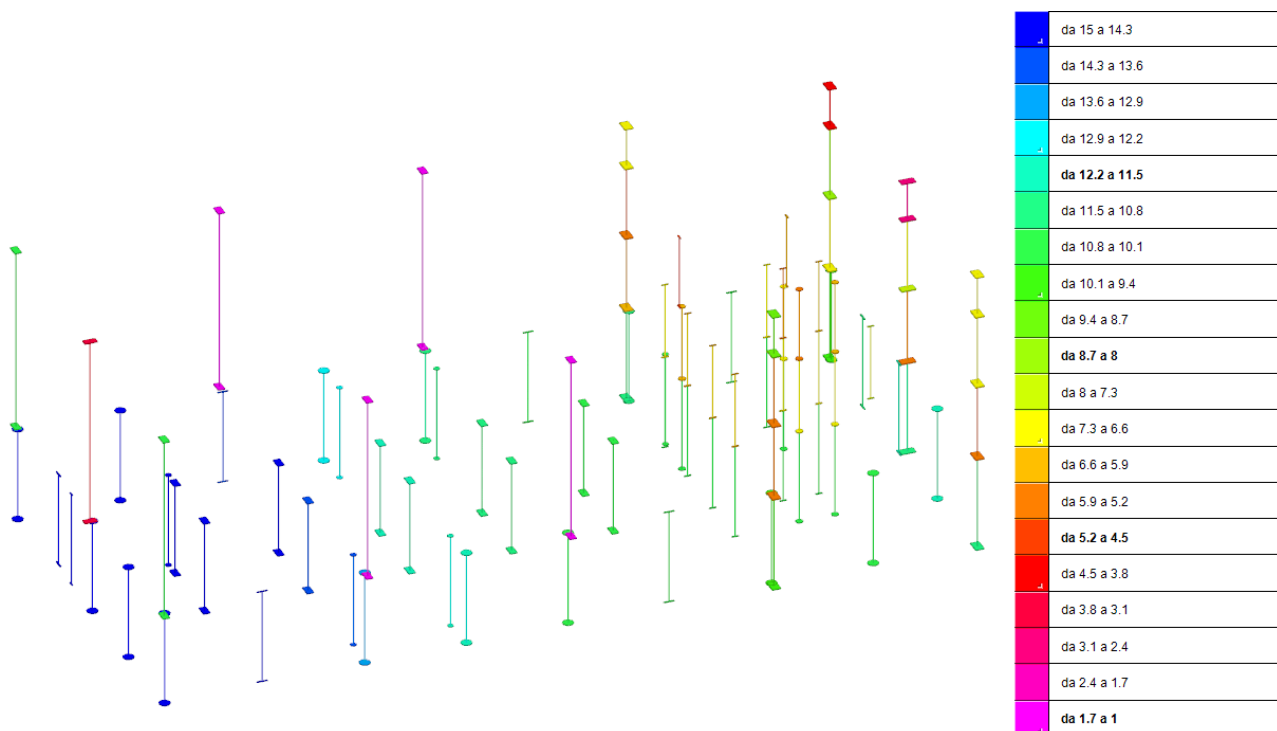


Figura 14 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli spostamenti di interpiano – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo A

3.8.2 Corpo B

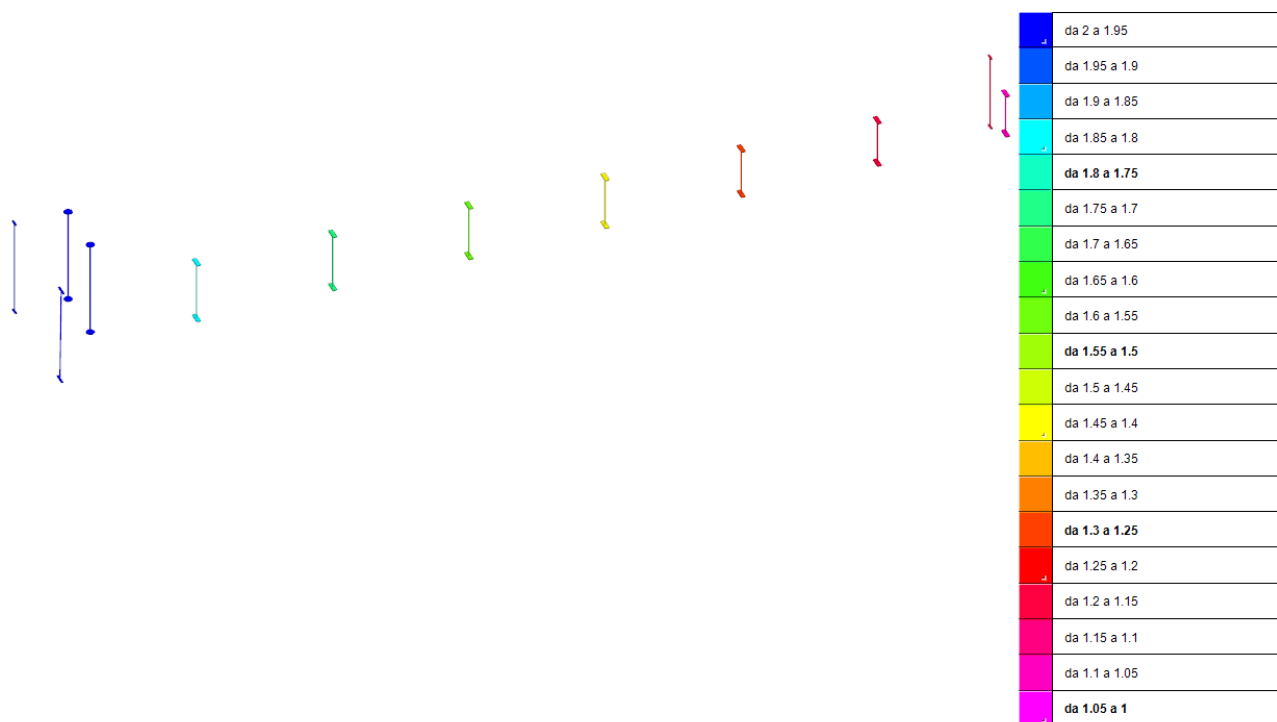


Figura 15 – Mappa a colori dell'involuppo minimo dei coeff. di verifica degli spostamenti di interpiano – Tutte Combinazioni – SDP – Corpo B

3.9 VERIFICA MARTELLAMENTO SISMICO

Il martellamento fra i corpi contigui crea fenomeni di urto e danneggiamento delle strutture che non sono quantificabili numericamente mediante modellazione numerica lineare del problema fisico.

Il fenomeno di urto (che coinvolge strutture differenti che si muovono in maniera indipendente fino a quando sono libere di farlo) è così complesso ed incerto dal punto di vista della modellazione numerica fisica/matematica che non è auspicabile una veritiera modellazione numerica dei danni e conseguenze a seguito di martellamento.

Il fenomeno in sé sarebbe da indagare con modellazioni numeriche non-lineari in termini di geometria e materiale, con parametri di definizione dei materiali che sono ignoti (decadimento per isteresi, comportamento al contatto ed urto, parametri non-lineari vari), quindi i risultati ottenibili sarebbero affetti da forte grado di incertezza e sicuramente forvianti.

Si otterrebbero quindi onerose modellazioni non-lineari e risultati del tutto non significativi e rappresentativi.

Per questi (ed altri motivi di buona progettazione) è necessario prevedere un adeguato spessore di giunto sismico fra le strutture indipendenti, per evitare alla radice qualsiasi pericoloso fenomeno di martellamento sismico, che in ogni caso produce effetti non ben quantificabili ma certamente dannosi.

Inoltre la presenza di tubazioni e impianti tecnici in corrispondenza dei giunti fra un fabbricato e l'altro disposti senza appositi accorgimenti di giunzione delle tubazioni e impianti (necessari per disconnettere il movimento sismico fra i fabbricati) rende impossibile il corretto funzionamento degli impianti, causando la rottura delle tubazioni in caso di eventi sismici in cui è ovviamente richiesta la funzionalità degli impianti (SLO e SLD).

La vulnerabilità di tali impianti e reti di distribuzione risulta non quantificabile numericamente, in particolare non risultano quantificabili gli effetti e danni a seguito del movimento in opposizione di fase in corrispondenza del giunto delle reti di distribuzione ed impianti ivi contenuti.

Per evitare tali fenomeni alla radice è necessario spostare (negli edifici esistenti) e non posizionare (negli edifici nuovi) i macchinari, impianti, presenti in corrispondenza dei giunti, riposizionandoli altrove; per quanto riguarda le reti di distribuzione (tubazioni) è opportuno prevedere dei collegamenti fra gli elementi in corrispondenza del giunto che possano garantire la funzionalità dell'impianto in presenza di movimenti reciproci generici nello spazio (disconnessioni spaziali realizzate con tubi elastici o disconnessioni mobili).

Nel caso in esame le nuove strutture progettate posseggono un comportamento strutturale indipendente fra loro e ai fabbricati esistenti adiacenti, difatti essi sono fisicamente separati dai fabbricati adiacenti tramite giunto sismico di adeguato spessore.

Qui di seguito si riporta la verifica dei giunti sismici valutando gli spostamenti massimi attesi sotto l'azione sismica secondo quanto indicato nel paragrafo 7.3.3.3 del D.M. 17.01.2018 (NTC 2018)

3.9.1 VERIFICA GIUNTO SISMICO - fra CORPO A e CORPO B

Sisma Dir. X – Corpo A VS Corpo B

$d_{x,SLV,FEM, \text{Corpo A}} = 0.54 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo A)

$d_{x,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 0.55 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo B)

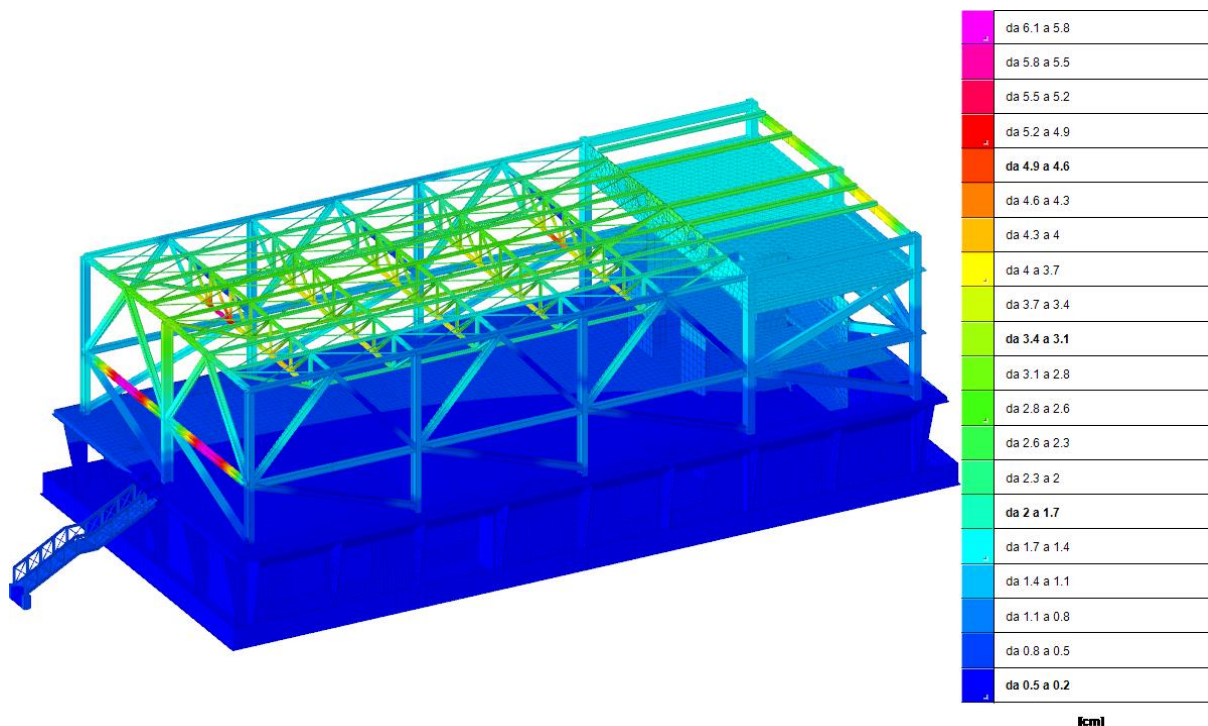


Figura 16 – Mappa a colori della deformata strutturale Ux – Comb. Sisma X SLV n.46 – SDP – Corpo A

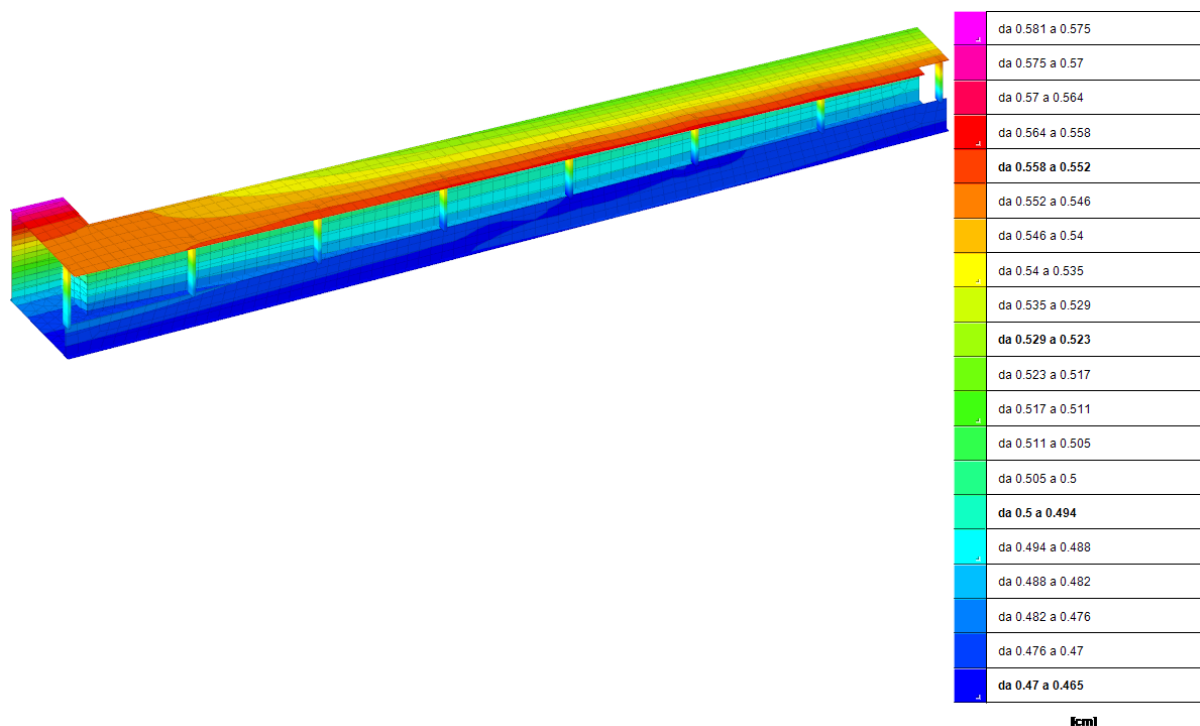


Figura 17 – Mappa a colori della deformata strutturale Ux – Comb. Sisma X SLV n. 46 – SDP – Corpo B

Il giunto sismico deve comunque possedere uno spessore maggiore del valore minimo riportato nel paragrafo 7.2.1 del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018)

$$d_{\min} = 1/100 \cdot (2A_g/g \cdot S \cdot H) = 1.506 \text{ cm}$$

dove:

$$A_g/g_{SLV} = PGA_{rif} [A, T_R=712 \text{ anni}] \text{ (Suolo Cat. A, } S_S=1, S_T=1, V_N=50 \text{ anni, } C_U=1.5, P_{VR}=10\%, T_R=712 \text{ anni)} = 0.1889 \text{ g}$$

$$S = S_S \cdot S_t \quad S_t = 1 \quad S_S = 1.414 \quad H = 282 \text{ cm}$$

Si sommano i contributi di spostamento:

Sisma X

$$\Delta_{X,SLV} = d_{X,SLV,FEM, \text{Corpo A}} + d_{X,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 0.54 + 0.55 = 1.09 \text{ cm} < d_{\min} < 5.0 \text{ cm giunto sismico adottato}$$

Sisma Dir. Y – Corpo A VS Corpo B

$d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo A}} = 0.48 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo A)

$d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 3.01 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo B)

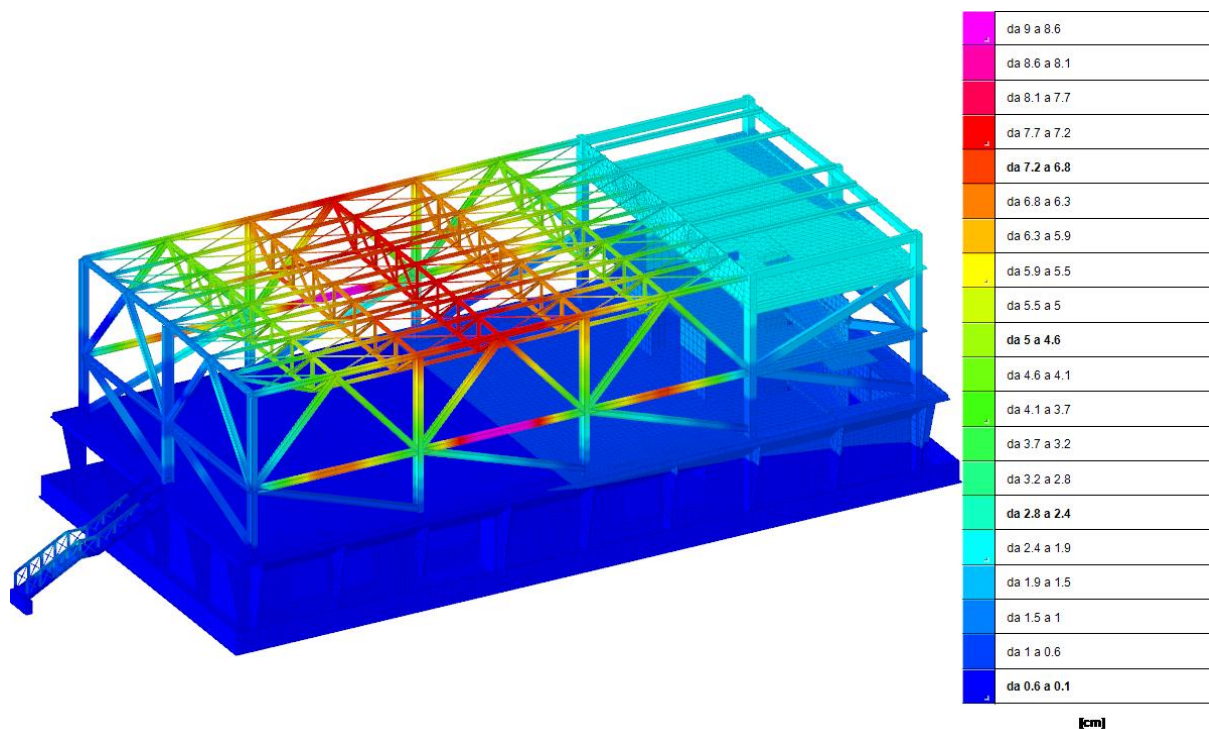


Figura 18 – Mappa a colori della deformata strutturale Uy – Comb. Sisma Y SLV n. 37 – SDP – Corpo A

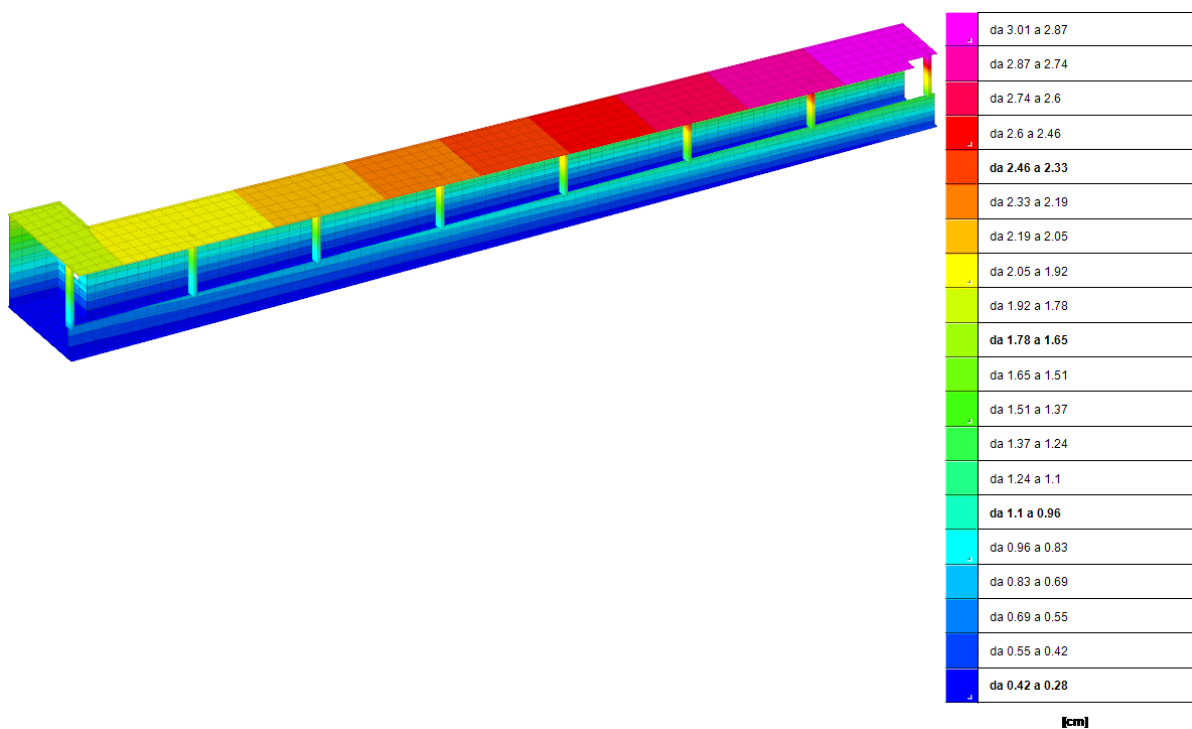


Figura 19 – Mappa a colori della deformata strutturale Uy – Comb. Sisma Y SLV n. 37 – SDP – Corpo B

Il giunto sismico deve comunque possedere uno spessore maggiore del valore minimo riportato nel paragrafo 7.2.1 del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018)

$$d_{\min} = 1/100 \cdot (2A_g/g \cdot S \cdot H) = 1.506 \text{ cm}$$

dove:

$$A_g/g_{SLV} = PGA_{rif} [A, T_R=712 \text{ anni}] \text{ (Suolo Cat. A, } S_S=1, S_T=1, V_N=50 \text{ anni, } C_U=1.5, P_{VR}=10\%, T_R=712 \text{ anni)} = 0.1889 \text{ g}$$

$$S = S_S \cdot S_t \quad S_t = 1 \quad S_S = 1.414 \quad H = 282 \text{ cm}$$

Si sommano i contributi di spostamento:

Sisma Y

$$\Delta_{Y,SLV} = d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo A}} + d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 0.48 + 3.01 = \mathbf{3.49 \text{ cm}} > d_{\min} < \mathbf{5.0 \text{ cm}} \text{ giunto sismico adottato}$$

3.9.2 VERIFICA GIUNTO SISMICO - fra CORPO B ed EDIFICIO ESISTENTE

Sisma Dir. X – Corpo B VS Edificio Esistente non oggetto di intervento

$d_{x,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 0.581 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo B)

$d_{x,SLV,esistente} = 0.975 \text{ cm}$ (stimato secondo norma NTC 2018 per edifici esistenti)

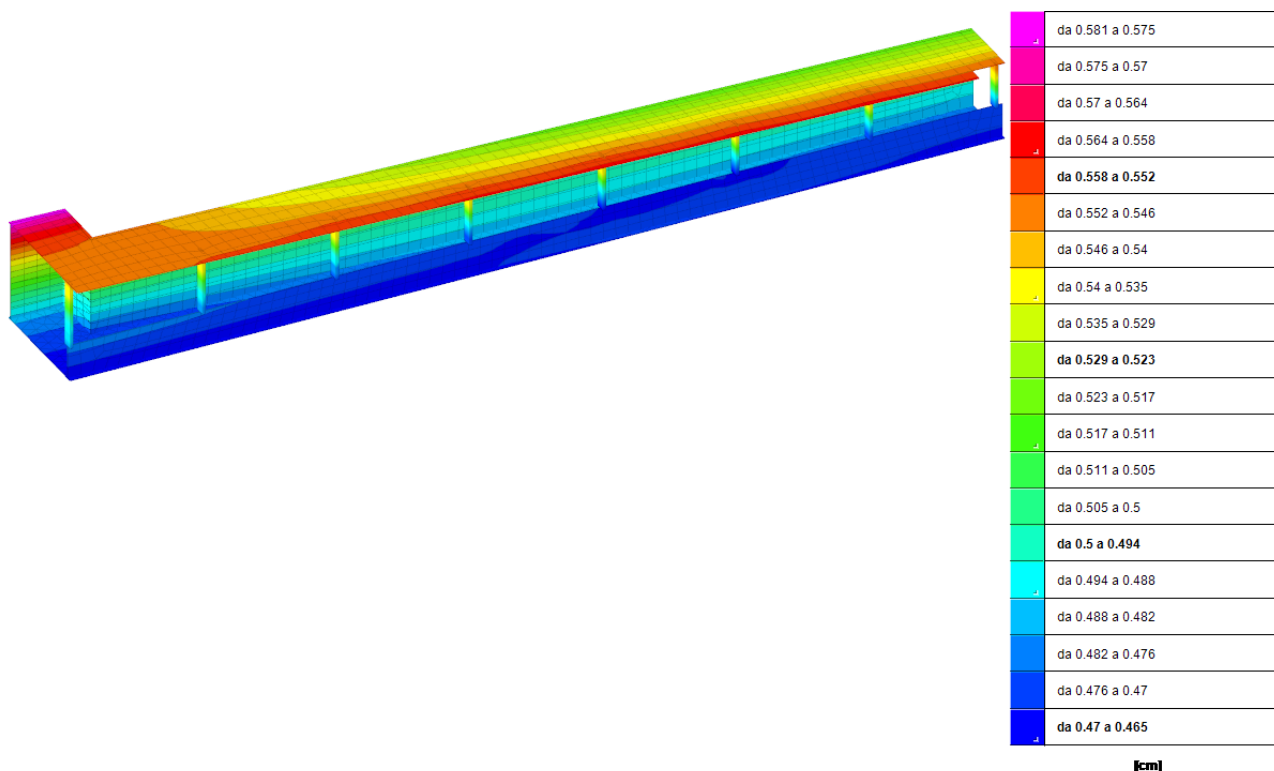


Figura 20 – Mappa a colori della deformata strutturale U_x – Comb. Sisma X SLV n. 46 – SDP – Corpo B

Il giunto sismico deve comunque possedere uno spessore maggiore del valore minimo riportato nel paragrafo 7.2.1 del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018)

$$d_{\min} = 1/100 \cdot (2A_g/g \cdot S \cdot H) = 1.95 \text{ cm}$$

dove:

$$A_g/g, \text{ SLV} = PGA_{rif} [A, T_{R=712 \text{ anni}}] \text{ (Suolo Cat. A, } S_S=1, S_T=1, V_N=50 \text{ anni, } C_U=1.5, P_{VR}=10\%, T_R=712 \text{ anni)} = 0.1889 g$$

$$S = S_s \cdot S_t \quad S_t = 1 \quad S_s = 1.414 \quad H = 365 \text{ cm}$$

$$d_{x,SLV,esistente} = 1/100 \cdot (A_g/g \cdot S \cdot H) = 0.975 \text{ cm}$$

Si sommano i contributi di spostamento:

Sisma X

$$\Delta_{X,SLV} = d_{X,SLV,FEM, \text{Corpo B}} + d_{X,SLV,esistente} = 0.581 + 0.975 = 1.556 \text{ cm} < d_{\min} < 5.0 \text{ cm giunto sismico adottato}$$

Sisma Dir. Y – Corpo B VS Edificio Esistente non oggetto di intervento

$d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo B}} = 1.92 \text{ cm}$ (determinato dal modello FEM – Corpo B)

$d_{Y,SLV,esistente} = 0.975 \text{ cm}$ (stimato secondo norma NTC 2018 per edifici esistenti)

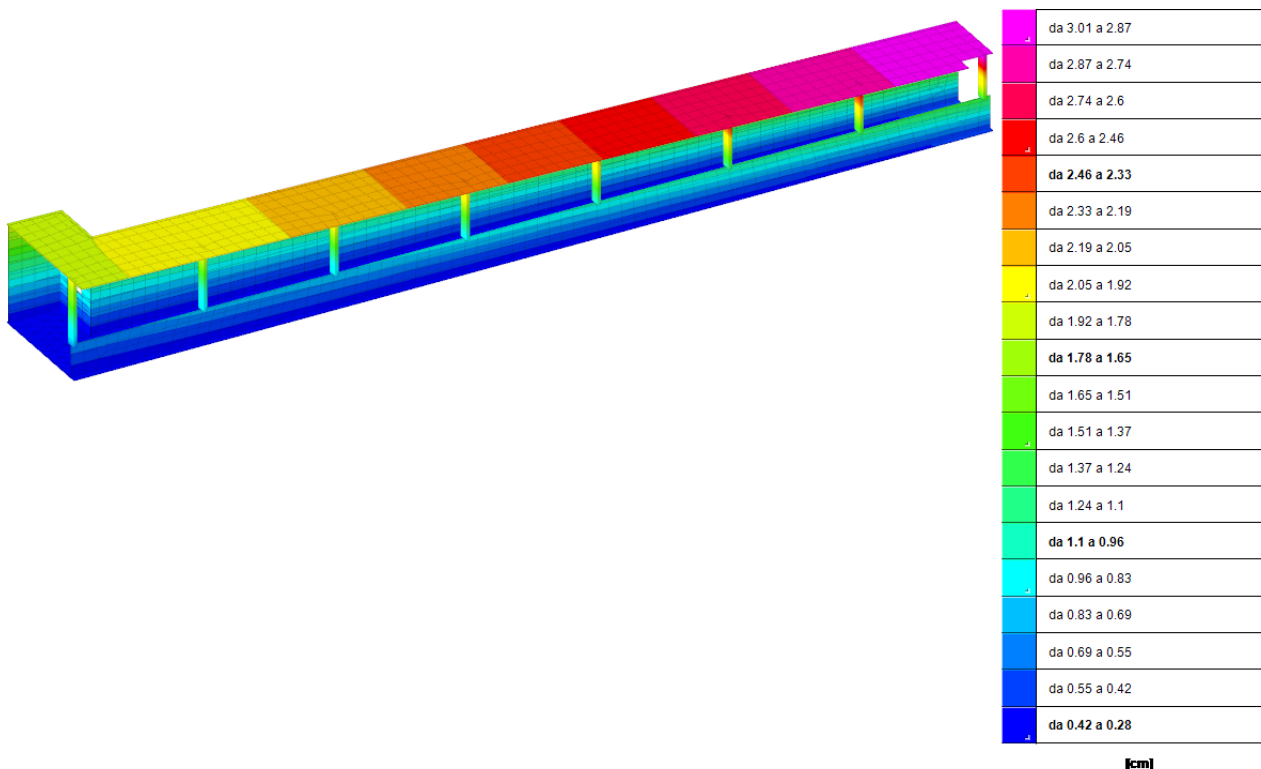


Figura 21 – Mappa a colori della deformata strutturale U_y – Comb. Sisma Y SLV n. 37 – SDP – Corpo B

Il giunto sismico deve comunque possedere uno spessore maggiore del valore minimo riportato nel paragrafo 7.2.1 del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018)

$$d_{\min} = 1/100 \cdot (2A_g/g \cdot S \cdot H) = 1.95 \text{ cm}$$

dove:

$$A_g/g_{SLV} = PGA_{rif} [A, T_R=712 \text{ anni}] \text{ (Suolo Cat. A, } S_S=1, S_T=1, V_N=50 \text{ anni, } C_U=1.5, P_{VR}=10\%, T_R=712 \text{ anni)} = 0.1889 g$$

$$S = S_S \cdot S_t \quad S_t = 1 \quad S_S = 1.414 \quad H = 365 \text{ cm}$$

$$d_{x,SLV,esistente} = 1/100 \cdot (A_g/g \cdot S \cdot H) = 0.975 \text{ cm}$$

Si sommano i contributi di spostamento:

Sisma Y

$$\Delta_{Y,SLV} = d_{Y,SLV,FEM, \text{Corpo B}} + d_{Y,SLV,esistente} = 1.92 + 0.975 = 2.895 \text{ cm} > d_{\min} < 5.0 \text{ cm giunto sismico adottato}$$

4. VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI SICUREZZA STRUTTURALE **STATICO-SISMICO RAGGIUNTO, ED ASSEVERAZIONE CLASSE DI** **RISCHIO PRE-INTERVENTO (SDF) E POST-INTERVENTO (SDP)**

La valutazione della sicurezza strutturale in termini assoluti con la definizione dell'indice di rischio sismico e vulnerabilità sismica non è significativa e richiesta ai fini del presente progetto, in quanto non è richiesta un'analisi di vulnerabilità sismica comparativa fra lo Stato di Fatto (SDF) Pre-Intervento e lo Stato di Progetto (SDP) Post-Intervento, difatti il fabbricato risulta una nuova costruzione.

Tramite il soddisfacimento di tutte le verifiche strutturali di ogni elemento costituente la nuova struttura (con le verifiche riportate nel tabulato di calcolo e relazione di calcolo strutturale allegata al progetto a cui si rimanda per ulteriori dettagli) si verifica positivamente la sicurezza del fabbricato in regime statico e sismico.

Le verifiche strutturali in regime statico e sismico sono state condotte, come riportato in dettaglio nella relazione di calcolo allegata, secondo le attuali vigenti norme tecniche strutturali in materia per le costruzioni in zona sismica, ed in particolare del D.M. 17/01/2018 (NTC 2018) e relativa Circolare Applicativa n. 7 del 21/01/2019.

Il soddisfacimento di tutte le verifiche strutturali e geotecniche svolte garantisce la totale sicurezza, in campo statico e sismico, secondo i criteri forniti dalle attuali vigenti norme tecniche strutturali in materia per le costruzioni in zona sismica.