COMUNE DI PORTO MANTOVANO

PROVINCIA DI MANTOVA

AREA DRASSO PARK: LAVORI DI MODIFICA DELLE APERTURE BAR DRASSO PARK E OPERE CONNESSE

PROGETTO ESECUTIVO

S01	RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE	
Data:	Dicembre 2018	SPAZIO RISERVATO U.T.
Agg.:	-	
	-	
	-	
ENTE APPALTANTE: AMMINISTRAZIONE COMUNALE PORTO MANTOVANO (MN)		

PROGETTAZIONE STRUTTURALE

Studio Tecnico Ing. Alberto Mani
via Achille Sacchi, 6 - 46100 Mantova
Tel.: 0376/222683
E-mail: alberto.mani@studiotecnicomp.it

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo riguarda gli interventi strutturali di tipo locale eseguiti all'interno di un immobile di proprietà del Comune di Porto Mantovano (MN), ubicato presso l'area denominata "Drasso Park" in via Papa Giovanni XXIII.

L'edificio in oggetto, adibito a cucine e servizi e con struttura portante in muratura, è costituito da un piano fuori terra, di altezza variabile, in quanto su una parte di esso sono ubicate le tribune dell'ex campo da calcio.

Nell'ambito dell'intervento generale revisione del layout interno al fine di avere una distribuzione degli spazi più funzionale, verranno realizzate delle opere strutturali che, nello specifico, consistono nell'ampliamento di due aperture, una sulla facciata principale (lato ovest) e una sul lato est del fabbricato. Al fine di mantenere le caratteristiche preesistenti di rigidezza, resistenza e capacità di deformazione, si prevede di realizzare una cerchiatura metallica delle aperture mediante un portale realizzato con profili HEB 120 accoppiati in acciaio, ancorato alla base a un cordolo di fondazione in c.a..

L'intervento in argomento si può considerare un intervento locale, ai sensi del punto 8.4.1 dell'Aggiornamento delle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 17 gennaio 2018. In generale, come previsto dalla normativa, *"gli interventi di questo tipo riguarderanno singole parti e/o elementi della struttura. Il progetto e la valutazione della sicurezza potranno essere riferiti alle sole parti e/o elementi interessati, documentando le carenze strutturali riscontrate e dimostrando che, rispetto alla configurazione precedente al danno, al degrado o alla variante, non vengano prodotte sostanziali modifiche al comportamento delle altre parti e della struttura nel suo insieme e che gli interventi non comportino una riduzione dei livelli di sicurezza preesistenti.*

Come precisato dalla Circolare esplicativa n.617 del 2 febbraio 2009, *"interventi di variazione della configurazione di un elemento strutturale, attraverso la sua sostituzione o un rafforzamento localizzato (ad esempio l'apertura di un vano in una parete muraria, accompagnata da opportuni rinforzi) possono rientrare in questa categoria solo a condizione che si dimostri che la rigidezza dell'elemento variato non cambi significativamente e che la resistenza e la capacità di deformazione, anche in campo plastico, non peggiorino ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali"*.

Nel "Fascicolo dei calcoli delle strutture portanti", allegato alla presente relazione, si dimostrerà che:

- la rigidezza degli elementi variati (pareti) non cambia significativamente rispetto allo stato preesistente;
- che la resistenza e la capacità di deformazione non peggiorano ai fini del comportamento rispetto alle azioni orizzontali. In particolare, il taglio ultimo delle pareti e lo spostamento ultimo saranno non inferiori ai valori dello stato iniziale.

e che, pertanto, gli interventi in oggetto possono essere classificati come **interventi locali**.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Le norme tecniche adottate sono le seguenti:

D.M. 17/1/2018: "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni";

D.M. 14/1/2008: Testo unitario: "Norme Tecniche per le Costruzioni";

Circolare 2/2/2009 n° 617: Istruzioni per l'applicazione delle 'Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

3. MATERIALI IMPIEGATI

Per la struttura in esame sono stati considerati i seguenti materiali:

Materiali esistenti:

Per i materiali esistenti, essendo stato ottenuto un livello di conoscenza LC1, ai parametri di resistenza dei materiali oltre al fattore di sicurezza $\gamma_m = 2$, si applicherà un fattore di confidenza FC = 1,35. Per i moduli elastici, si applicherà un fattore di sicurezza pari a 2 al fine di considerare il materiale già fessurato.

- Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia

Materiale esistente con valori caratteristici desunti dalla tabella C8A.2.1 della Circolare 617/2009):

f_d = 50 daN/cm^2 / (1,35·2) = 18,5 daN/cm^2

τ_0 = 2,4 daN/cm^2 / (1,35·2) = 0,89 daN/cm^2

E = 45.500 daN/cm^2 / 2 = 22.750 daN/cm^2

G = 11.375 daN/cm^2 / 2 = 5.685 daN/cm^2

Materiali di progetto:

- acciaio S275

f_{yk} = 2.750 daN/cm^2

f_{tk} = 4.300 daN/cm^2

E = 2.100.000 daN/cm^2

f_{yd} = 2.750 / 1,05 daN/cm^2 = 2.619 daN/cm^2

4. VERIFICA DELLA RIGIDEZZA

La normativa vigente non fornisce indicazioni in merito all'entità della variazione della rigidezza tra lo stato di fatto e lo stato modificato per poter considerare tale variazione "non significativa", pertanto si è fatto riferimento agli "*Orientamenti interpretativi in merito a interventi locali o di riparazione in edifici esistenti*", emanati dal Comitato Tecnico Scientifico in materia di rischio sismico per la Regione Toscana, secondo i quali condizione necessaria affinché si configuri un intervento locale è che la rigidezza dell'elemento modificato non vari più del 15% (in aumento o in diminuzione) rispetto allo stato preesistente.
Nei casi in esame, si è effettuato il confronto tra la rigidezza delle pareti nello stato di fatto e la rigidezza delle pareti nello stato di progetto, dove la rigidezza complessiva della parete non è altro che la somma delle singole rigidezze dei maschi murari che compongono la parete.
La rigidezza *K* del singolo maschio murario è data dalla formula:

$$K = \frac{G \cdot t \cdot b}{1,2 \cdot h} \cdot \frac{1}{1 + \frac{G \cdot}{1,2 \cdot E} \cdot \left(\frac{h}{b}\right)^2}$$

Dove *t*, *b*, *h* sono rispettivamente lo spessore, la lunghezza e l'altezza del maschio murario, mentre *E* e *G* sono rispettivamente il modulo di Young e il modulo di elasticità tangenziale della muratura. Per mettere in conto la fessurazione del materiale costituente la muratura, si considerano dei valori del modulo di Young e del modulo di taglio pari alla metà di quelli relativi alle sezioni non fessurate.
Alla rigidezza complessiva della parete nello stato di progetto deve essere aggiunta quella del telaio in acciaio, data da:

$$K = \frac{12 \cdot n \cdot E \cdot J}{H^3}$$

dove:
n è il numero di piedritti della cerchiatura;
H è l'altezza dell'apertura e quindi del piedritto della cerchiatura;
E = 2.100.000 daN/cm è il modulo elastico dell'acciaio;
J è il modulo d'inerzia della sezione del singolo piedritto.

5. VERIFICA DELLA RESISTENZA

Come nel caso delle rigidezze, la verifica deve essere effettuata mediante il confronto tra la resistenza della parete nello stato di fatto e la resistenza della parete nello stato di progetto, dove la resistenza complessiva della parete non è altro che la somma delle singole resistenze ultime a taglio dei maschi murari che compongono la parete e del telaio di cerchiatura in acciaio.
La resistenza a taglio ultima *V* del singolo maschio murario è data dalla formula:

$$V = \frac{b \cdot t \cdot 1,5 \cdot \tau_{0d}}{c} \cdot \sqrt{1 + \frac{\sigma_0}{1,5 \cdot \tau_{0d}}}$$

dove τ_{0d} è la resistenza a taglio di calcolo della muratura (calcolata considerando un coefficiente di sicurezza del materiale γ_m = 2), σ_0 è la tensione normale media agente sulla muratura e *c* è un fattore correttivo che deve essere compreso tra *1* e *1,5,* definito come rapporto tra l'altezza e la lunghezza del maschio murario.
La resistenza a taglio ultima della cerchiatura metallica è data invece da:

$$V = \frac{2 \cdot M_u}{H}$$

dove:
H è l'altezza dell'apertura e quindi del piedritto della cerchiatura;

$M_u = \frac{W \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}}$ è il momento resistente del piedritto.

6. VERIFICA DEGLI SPOSTAMENTI

Per valutare lo spostamento ultimo della parete nello stato di fatto e nello stato di progetto si procederà con la costruzione delle relative curve di capacità, che terranno in conto i contributi dei singoli setti murari e del telaio in carpenteria metallica. Lo spostamento ultimo della parete sarà considerato come lo spostamento calcolato in corrispondenza del punto in cui il taglio resistente vale $0{,}85 \cdot V_u$, dove V_u è la resistenza a taglio della parete.
La curva di capacità totale della parete è data dalla somma delle curve di capacità bilatere dei singoli elementi. Tali curve correlano lo spostamento dell'elemento alla sollecitazione di taglio agente; esse saranno crescenti dall'origine fino al raggiungimento dello spostamento al limite elastico d_e e poi presenteranno un tratto orizzontale fino al raggiungimento dello spostamento ultimo d_u.
Sia per i maschi murari che per il telaio metallico, lo spostamento al limite elastico d_e è dato dalla relazione:

$$d_e = \frac{V}{K}$$

dove *V* è la resistenza a taglio, mentre *K* è la rigidezza dell'elemento.
Lo spostamento ultimo del singolo maschio murario può essere calcolato come:

$$d_u = 0{,}004 \cdot h$$

dove h è l'altezza del setto, mentre lo spostamento ultimo del telaio può essere valutato mediante la relazione:

$$d_u = 2{,}5 \cdot d_e$$

FASCICOLO DEI CALCOLI

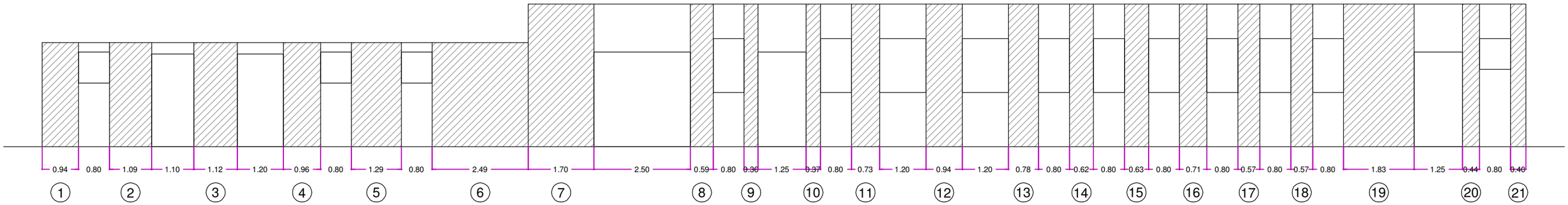
DELLE STRUTTURE PORTANTI

VERIFICA APERTURA FRONTE OVEST

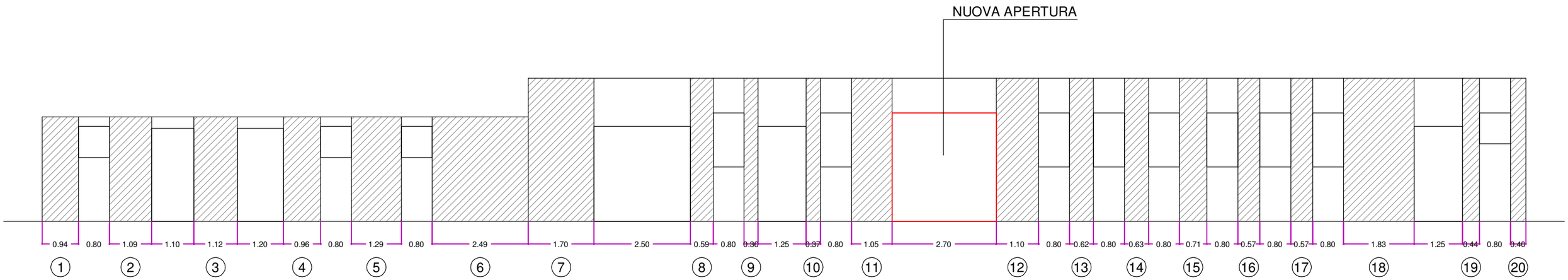
Caratteristiche cerchiatura metallica

Tipo acciaio:	S275
Resistenza caratt. a snervamento (f_{yk}):	2.750 daN/cm^2
Coefficiente sicurezza materiale (γ_{M0}):	1,05
Modulo elastico acciaio (E):	2.100.000 daN/cm^2
Numero profili (n):	2
Tipo profilo:	HEB 120
Modulo di resistenza del profilo:	144,1 cm^3
Modulo di resistenza dei piedritti (W):	288,2 cm^3
Momento d'inerzia del profilo:	864,4 cm^4
Momento d'inerzia dei piedritti (J):	1728,8 cm^4
Altezza dei piedritti (H):	306 cm

APERTURA FRONTE OVEST



STATO DI FATTO scala 1:100



STATO DI PROGETTO scala 1:100

Verifica della rigidezza

Rigidezza del portale

$$K = \frac{12 \cdot n \cdot E \cdot J}{H^3} = \frac{12 \cdot 2 \cdot 2.100.000 \ \frac{daN}{cm^2} \cdot 1.728,8 \ cm^4}{(306 \ cm)^3} = 3.041 \ daN / cm$$

Stato di fatto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	E [daN/cm^2]	G [daN/cm^2]	K [daN/cm]
1	94	270	25	22.750	5.685	15.170
2	109	270	25	22.750	5.685	20.992
3	112	270	25	22.750	5.685	22.229
4	96	270	25	22.750	5.685	15.908
5	129	270	25	22.750	5.685	29.592
6	249	270	25	22.750	5.685	87.742
7	170	370	25	22.750	5.685	27.394
8	59	370	25	22.750	5.685	2.055
9	36	370	25	22.750	5.685	501
10	37	370	25	22.750	5.685	543
11	73	370	25	22.750	5.685	3.680
12	94	370	25	22.750	5.685	7.119
13	78	370	25	22.750	5.685	4.391
14	62	370	25	22.750	5.685	2.358
15	63	370	25	22.750	5.685	2.465
16	71	370	25	22.750	5.685	3.415
17	57	370	25	22.750	5.685	1.867
18	57	370	25	22.750	5.685	1.867
19	183	370	25	22.750	5.685	31.642
20	44	370	25	22.750	5.685	896
21	40	370	25	22.750	5.685	680
					Totale	**282.505**

Stato di progetto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	E [daN/cm^2]	G [daN/cm^2]	K [daN/cm]
1	94	270	25	22.750	5.685	15.170
2	109	270	25	22.750	5.685	20.992
3	112	270	25	22.750	5.685	22.229
4	96	270	25	22.750	5.685	15.908
5	129	270	25	22.750	5.685	29.592
6	249	270	25	22.750	5.685	87.742
7	170	370	25	22.750	5.685	27.394
8	59	370	25	22.750	5.685	2.055
9	36	370	25	22.750	5.685	501
10	37	370	25	22.750	5.685	543
11	105	370	25	22.750	5.685	9.373
12	110	370	25	22.750	5.685	10.492
13	62	370	25	22.750	5.685	2.358
14	63	370	25	22.750	5.685	2.465
15	71	370	25	22.750	5.685	3.415
16	57	370	25	22.750	5.685	1.867
17	57	370	25	22.750	5.685	1.867
18	183	370	25	22.750	5.685	31.642
19	44	370	25	22.750	5.685	896
20	40	370	25	22.750	5.685	680
Portale						3.041
					Totale	**290.220**

La variazione di rigidezza della parete risulta quindi:

$\Delta K = K_{fin} - K_{in} = 290.220 - 282.505 = + 7.715$ daN/cm

Mentre la variazione percentuale risulta:

$\Delta K[\%] = \Delta K / K_{in} = + 2,73\ \%$ → VERIFICATO

ed è pertanto compresa nel range ±15%. La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.

Verifica della resistenza

Resistenza a taglio del portale

$$M_u = \frac{W \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{288,2\ cm^3 \cdot 2.750\ \frac{daN}{cm^2}}{1,05} = 754.809\ \ daN \cdot cm$$

$$V = \frac{2 \cdot M_u}{H} = \frac{2 \cdot 754.809\ daN \cdot cm}{306\ cm} = 4.933\ daN$$

Stato di fatto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	τ_{0d} [daN/cm^2]	c	σ_0 [daN/cm^2]	V [daN]
1	94	270	25	0,89	1,50	3,75	2.336
2	109	270	25	0,89	1,50	3,75	3.142
3	112	270	25	0,89	1,50	3,75	3.317
4	96	270	25	0,89	1,50	3,75	2.437
5	129	270	25	0,89	1,50	3,75	4.400
6	249	270	25	0,89	1,08	3,75	14.878
7	170	370	25	0,89	1,50	3,90	5.727
8	59	370	25	0,89	1,50	3,90	690
9	36	370	25	0,89	1,50	3,90	257
10	37	370	25	0,89	1,50	3,90	271
11	73	370	25	0,89	1,50	3,90	1.056
12	94	370	25	0,89	1,50	3,90	1.751
13	78	370	25	0,89	1,50	3,90	1.206
14	62	370	25	0,89	1,50	3,90	762
15	63	370	25	0,89	1,50	3,90	786
16	71	370	25	0,89	1,50	3,90	999
17	57	370	25	0,89	1,50	3,90	644
18	57	370	25	0,89	1,50	3,90	644
19	183	370	25	0,89	1,50	3,90	6.636
20	44	370	25	0,89	1,50	3,90	384
21	40	370	25	0,89	1,50	3,90	317
						Totale	**52.638**

Stato di progetto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	τ_{0d} [daN/cm^2]	c	σ_0 [daN/cm^2]	V [daN]
1	94	270	25	0,89	1,50	3,75	2.336
2	109	270	25	0,89	1,50	3,75	3.142
3	112	270	25	0,89	1,50	3,75	3.317
4	96	270	25	0,89	1,50	3,75	2.437
5	129	270	25	0,89	1,50	3,75	4.400
6	249	270	25	0,89	1,08	3,75	14.878
7	170	370	25	0,89	1,50	3,90	5.727
8	59	370	25	0,89	1,50	3,90	690
9	36	370	25	0,89	1,50	3,90	257
10	37	370	25	0,89	1,50	3,90	271
11	105	370	25	0,89	1,50	3,90	2.185
12	110	370	25	0,89	1,50	3,90	2.398
13	62	370	25	0,89	1,50	3,90	762
14	63	370	25	0,89	1,50	3,90	786
15	71	370	25	0,89	1,50	3,90	999
16	57	370	25	0,89	1,50	3,90	644
17	57	370	25	0,89	1,50	3,90	644
18	183	370	25	0,89	1,50	3,90	6.636
19	44	370	25	0,89	1,50	3,90	384
20	40	370	25	0,89	1,50	3,90	317
Portale							4.933
						Totale	**58.142**

La resistenza nello stato di progetto risulta maggiore della resistenza della parete nello stato di fatto.

V_{fin} = 58.142 daN > 52.638 daN = V_{in} → VERIFICATO

La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.

Verifica degli spostamenti

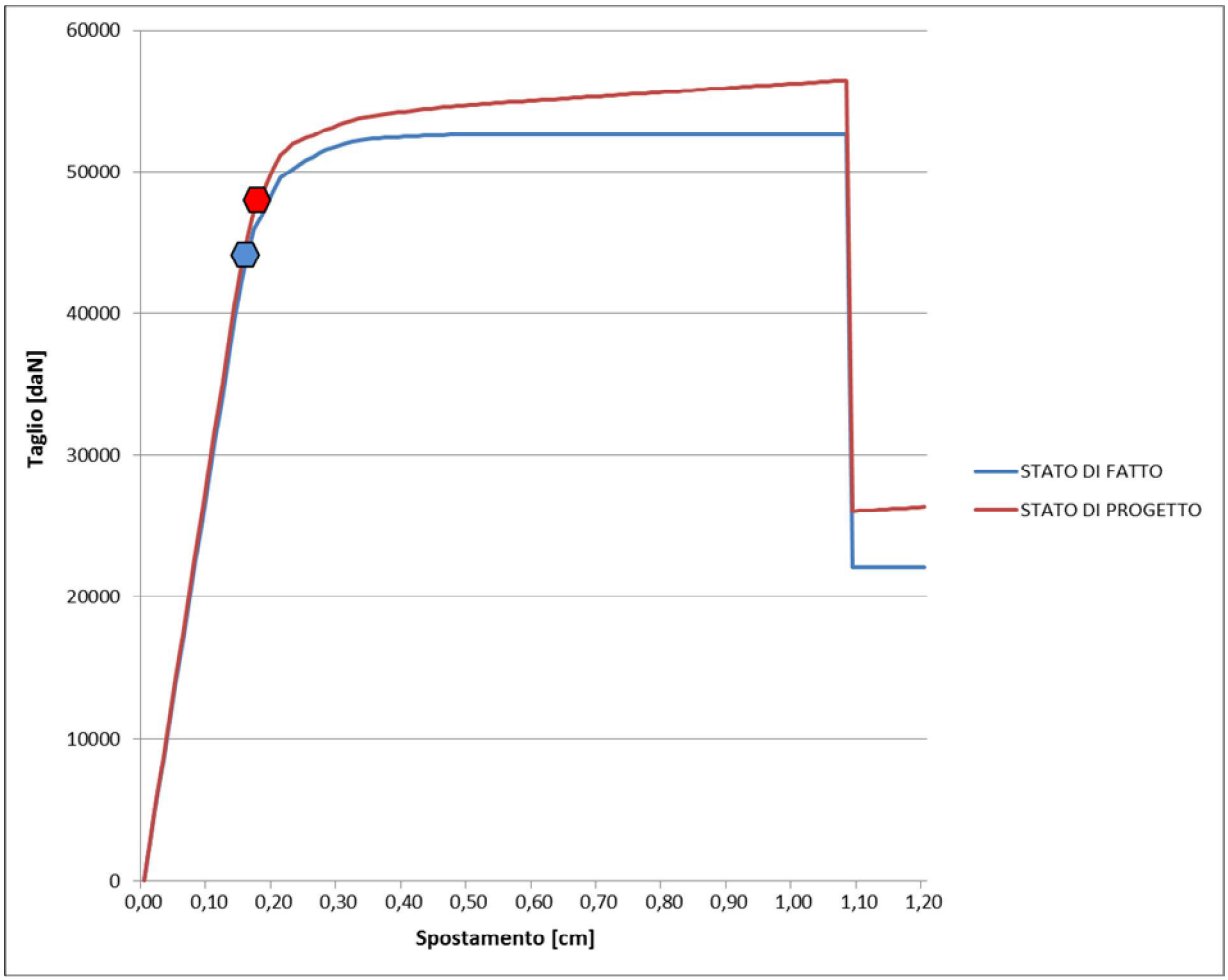
Stato di fatto

Maschio	V [daN]	K [daN/cm]	d_e [cm]	d_u [cm]
1	2.336	15.170	0,154	1,080
2	3.142	20.992	0,150	1,080
3	3.317	22.229	0,149	1,080
4	2.437	15.908	0,153	1,080
5	4.400	29.592	0,149	1,080
6	14.878	87.742	0,170	1,080
7	5.727	27.394	0,209	1,480
8	690	2.055	0,336	1,480
9	257	501	0,513	1,480
10	271	543	0,500	1,480
11	1.056	3.680	0,287	1,480
12	1.751	7.119	0,246	1,480
13	1.206	4.391	0,275	1,480
14	762	2.358	0,323	1,480
15	786	2.465	0,319	1,480
16	999	3.415	0,293	1,480
17	644	1.867	0,345	1,480
18	644	1.867	0,345	1,480
19	6.636	31.642	0,210	1,480
20	384	896	0,428	1,480
21	317	680	0,466	1,480

Stato di progetto

Maschio	V [daN]	K [daN/cm]	d_e [cm]	d_u [cm]
1	2.336	15.170	0,154	1,080
2	3.142	20.992	0,150	1,080
3	3.317	22.229	0,149	1,080
4	2.437	15.908	0,153	1,080
5	4.400	29.592	0,149	1,080
6	14.878	87.742	0,170	1,080
7	5.727	27.394	0,209	1,480
8	690	2.055	0,336	1,480
9	257	501	0,513	1,480
10	271	543	0,500	1,480
11	2.185	9.373	0,233	1,480
12	2.398	10.492	0,229	1,480
13	762	2.358	0,323	1,480
14	786	2.465	0,319	1,480
15	999	3.415	0,293	1,480
16	644	1.867	0,345	1,480
17	644	1.867	0,345	1,480
18	6.636	31.642	0,210	1,480
19	384	896	0,428	1,480
20	317	680	0,466	1,480
Portale	4.933	3.041	1,622	4,056

Si riportano nel seguente grafico le curve di capacità totali della parete nello stato di fatto e nello stato di progetto, costruite a partire dai dati delle tabelle precedenti:



I valori della capacità di deformazione ottenuti risultano:

<u>Stato di fatto</u>

$d_{u,in} = 0{,}163$ cm , calcolato per $V = 0{,}85 \cdot V_u = 0{,}85 \cdot 52.638$ daN $= 44.743$ daN

<u>Stato di progetto</u>

$d_{u,fin} = 0{,}178$ cm , calcolato per $V = 0{,}85 \cdot V_u = 0{,}85 \cdot 56.493$ daN $= 48.019$ daN

e pertanto:

$d_{u,fin}$ = 0,178 cm ≥ 0,163 cm = $d_{u,in}$ → VERIFICATO

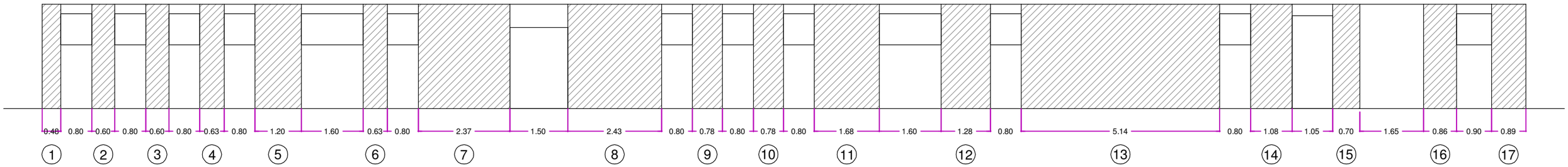
La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.

VERIFICA APERTURA FRONTE EST

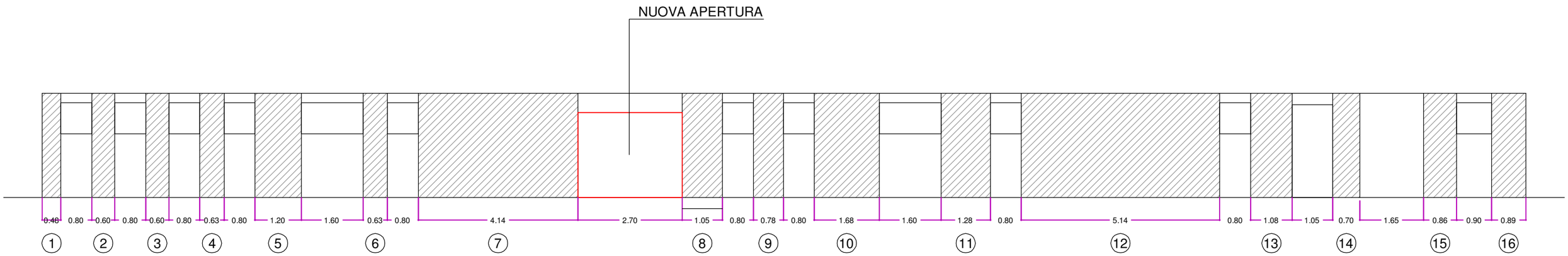
Caratteristiche cerchiatura metallica

Tipo acciaio:	S275
Resistenza caratt. a snervamento (f_{yk}):	2.750 daN/cm^2
Coefficiente sicurezza materiale (γ_{M0}):	1,05
Modulo elastico acciaio (E):	2.100.000 daN/cm^2
Numero profili (n):	2
Tipo profilo:	HEB 120
Modulo di resistenza del profilo:	144,1 cm^3
Modulo di resistenza dei piedritti (W):	288,2 cm^3
Momento d'inerzia del profilo:	864,4 cm^4
Momento d'inerzia dei piedritti (J):	1728,8 cm^4
Altezza dei piedritti (H):	246 cm

APERTURA FRONTE EST



STATO DI FATTO scala 1:100



STATO DI PROGETTO scala 1:100

Verifica della rigidezza

Rigidezza del portale

$$K = \frac{12 \cdot n \cdot E \cdot J}{H^3} = \frac{12 \cdot 2 \cdot 2.100.000 \ \frac{daN}{cm^2} \cdot 1.728,8 \ cm^4}{(246 \ cm)^3} = 5.853 \ daN / cm$$

Stato di fatto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	E [daN/cm^2]	G [daN/cm^2]	K [daN/cm]
1	48	270	25	22.750	5.685	2.775
2	60	270	25	22.750	5.685	5.045
3	60	270	25	22.750	5.685	5.045
4	63	270	25	22.750	5.685	5.728
5	120	270	25	22.750	5.685	25.625
6	63	270	25	22.750	5.685	5.728
7	237	270	25	22.750	5.685	81.842
8	243	270	25	22.750	5.685	84.794
9	78	270	25	22.750	5.685	9.789
10	78	270	25	22.750	5.685	9.789
11	168	270	25	22.750	5.685	47.920
12	128	270	25	22.750	5.685	29.144
13	514	270	25	22.750	5.685	213.218
14	108	270	25	22.750	5.685	20.584
15	70	270	25	22.750	5.685	7.493
16	86	270	25	22.750	5.685	12.358
17	89	270	25	22.750	5.685	13.386
					Totale	**580.263**

Stato di progetto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	E [daN/cm^2]	G [daN/cm^2]	K [daN/cm]
1	48	270	25	22.750	5.685	2.775
2	60	270	25	22.750	5.685	5.045
3	60	270	25	22.750	5.685	5.045
4	63	270	25	22.750	5.685	5.728
5	120	270	25	22.750	5.685	25.625
6	63	270	25	22.750	5.685	5.728
7	414	270	25	22.750	5.685	166.828
8	105	270	25	22.750	5.685	19.377
9	78	270	25	22.750	5.685	9.789
10	168	270	25	22.750	5.685	47.920
11	128	270	25	22.750	5.685	29.144
12	514	270	25	22.750	5.685	213.218
13	108	270	25	22.750	5.685	20.584
14	70	270	25	22.750	5.685	7.493
15	86	270	25	22.750	5.685	12.358
16	89	270	25	22.750	5.685	13.386
Portale						5.853
					Totale	**595.896**

La variazione di rigidezza della parete risulta quindi:

$\Delta K = K_{fin} - K_{in} = 595.896 - 580.263 = + 15.633$ daN/cm

Mentre la variazione percentuale risulta:

$\Delta K[\%] = \Delta K / K_{in} = + 2,69\ \%$ → VERIFICATO

ed è pertanto compresa nel range ±15%. La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.

Verifica della resistenza

Resistenza a taglio del portale

$$M_u = \frac{W \cdot f_{yk}}{\gamma_{M0}} = \frac{288,2\ cm^3 \cdot 2.750\ \frac{daN}{cm^2}}{1,05} = 754.809\ \ daN \cdot cm$$

$$V = \frac{2 \cdot M_u}{H} = \frac{2 \cdot 754.809\ daN \cdot cm}{246\ cm} = 6.137\ daN$$

Stato di fatto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	τ_{0d} [daN/cm^2]	c	σ_0 [daN/cm^2]	V [daN]
1	48	270	25	0,89	1,50	3,75	609
2	60	270	25	0,89	1,50	3,75	952
3	60	270	25	0,89	1,50	3,75	952
4	63	270	25	0,89	1,50	3,75	1.049
5	120	270	25	0,89	1,50	3,75	3.808
6	63	270	25	0,89	1,50	3,75	1.049
7	237	270	25	0,89	1,14	3,75	13.551
8	243	270	25	0,89	1,11	3,75	14.245
9	78	270	25	0,89	1,50	3,75	1.609
10	78	270	25	0,89	1,50	3,75	1.609
11	168	270	25	0,89	1,50	3,75	7.295
12	128	270	25	0,89	1,50	3,75	4.332
13	514	270	25	0,89	1,00	3,75	30.712
14	108	270	25	0,89	1,50	3,75	3.084
15	70	270	25	0,89	1,50	3,75	1.296
16	86	270	25	0,89	1,50	3,75	1.956
17	89	270	25	0,89	1,50	3,75	2.094
						Totale	**90.202**

Stato di progetto

Maschio	b [cm]	h [cm]	t [cm]	τ_{0d} [daN/cm^2]	c	σ_0 [daN/cm^2]	V [daN]
1	48	270	25	0,89	1,50	3,75	609
2	60	270	25	0,89	1,50	3,75	952
3	60	270	25	0,89	1,50	3,75	952
4	63	270	25	0,89	1,50	3,75	1.049
5	120	270	25	0,89	1,50	3,75	3.808
6	63	270	25	0,89	1,50	3,75	1.049
7	414	270	25	0,89	1,00	3,75	24.737
8	105	270	25	0,89	1,50	3,75	2.915
9	78	270	25	0,89	1,50	3,75	1.609
10	168	270	25	0,89	1,50	3,75	7.295
11	128	270	25	0,89	1,50	3,75	4.332
12	514	270	25	0,89	1,00	3,75	30.712
13	108	270	25	0,89	1,50	3,75	3.084
14	70	270	25	0,89	1,50	3,75	1.296
15	86	270	25	0,89	1,50	3,75	1.956
16	89	270	25	0,89	1,50	3,75	2.094
Portale							6.137
						Totale	**94.586**

La resistenza nello stato di progetto risulta maggiore della resistenza della parete nello stato di fatto.

V_{fin} = 94.586 daN > 90.202 daN = V_{in} → VERIFICATO

La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.

Verifica degli spostamenti

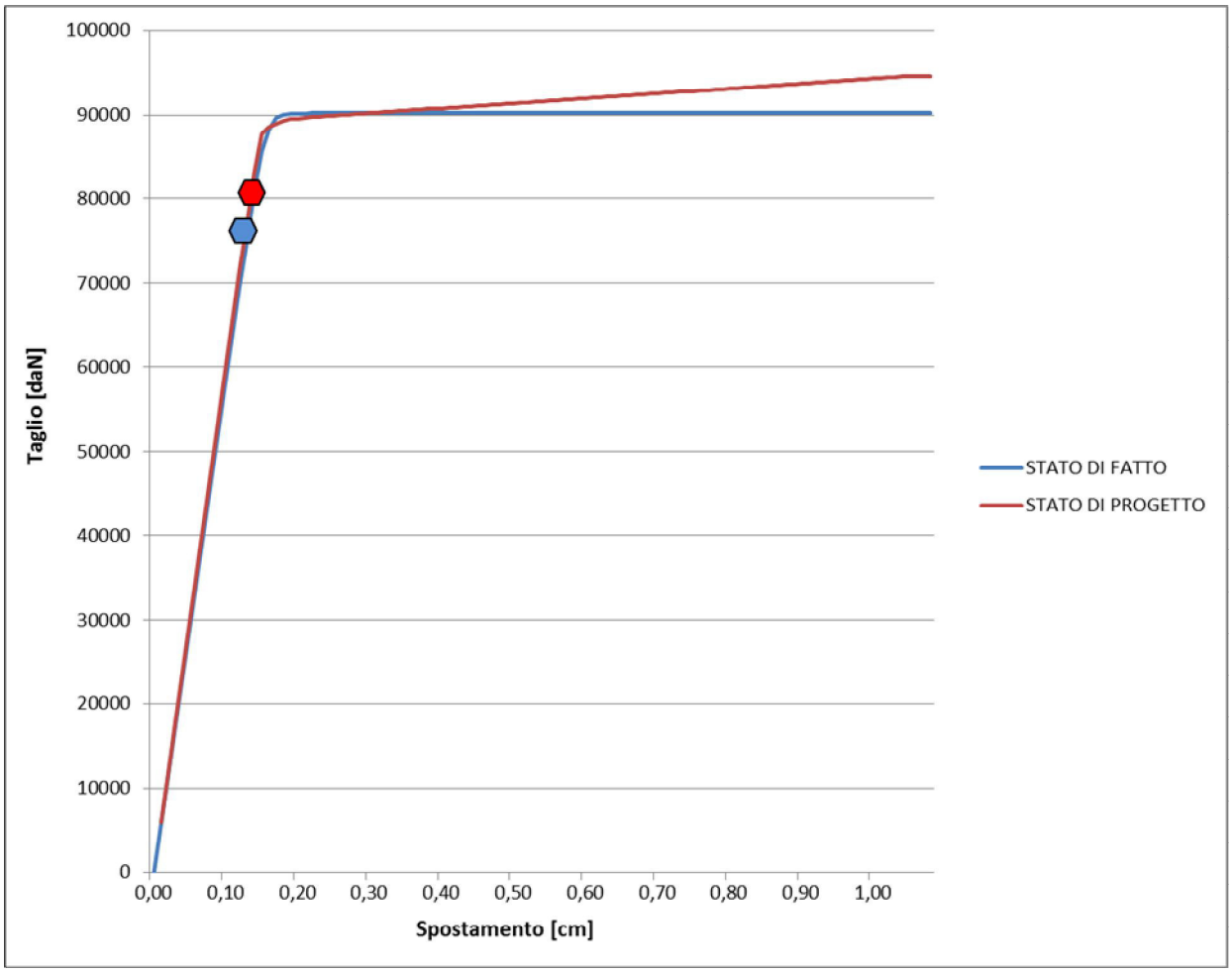
Stato di fatto

Maschio	V [daN]	K [daN/cm]	d_e [cm]	d_u [cm]
1	609	2.775	0,220	1,080
2	952	5.045	0,189	1,080
3	952	5.045	0,189	1,080
4	1.049	5.728	0,183	1,080
5	3.808	25.625	0,149	1,080
6	1.049	5.728	0,183	1,080
7	13.551	81.842	0,166	1,080
8	14.245	84.794	0,168	1,080
9	1.609	9.789	0,164	1,080
10	1.609	9.789	0,164	1,080
11	7.295	47.920	0,152	1,080
12	4.332	29.144	0,149	1,080
13	30.712	213.218	0,144	1,080
14	3.084	20.584	0,150	1,080
15	1.296	7.493	0,173	1,080
16	1.956	12.358	0,158	1,080
17	2.094	13.386	0,156	1,080

Stato di progetto

Maschio	V [daN]	K [daN/cm]	d_e [cm]	d_u [cm]
1	609	2.775	0,220	1,080
2	952	5.045	0,189	1,080
3	952	5.045	0,189	1,080
4	1.049	5.728	0,183	1,080
5	3.808	25.625	0,149	1,080
6	1.049	5.728	0,183	1,080
7	24.737	166.828	0,148	1,080
8	2.915	19.377	0,150	1,080
9	1.609	9.789	0,164	1,080
10	7.295	47.920	0,152	1,080
11	4.332	29.144	0,149	1,080
12	30.712	213.218	0,144	1,080
13	3.084	20.584	0,150	1,080
14	1.296	7.493	0,173	1,080
15	1.956	12.358	0,158	1,080
16	2.094	13.386	0,156	1,080
Portale	6.137	5.853	1,048	2,621

Si riportano nel seguente grafico le curve di capacità totali della parete nello stato di fatto e nello stato di progetto, costruite a partire dai dati delle tabelle precedenti:



I valori della capacità di deformazione ottenuti risultano:

<u>Stato di fatto</u>

$d_{u,in} = 0{,}132$ cm , calcolato per $V = 0{,}85 \cdot V_u = 0{,}85 \cdot 90.202$ daN $= 76.672$ daN

<u>Stato di progetto</u>

$d_{u,fin} = 0{,}136$ cm , calcolato per $V = 0{,}85 \cdot V_u = 0{,}85 \cdot 94.586$ daN $= 80.398$ daN

e pertanto:

$d_{u,fin}$ = 0,136 cm ≥ 0,132 cm = $d_{u,in}$ → VERIFICATO

La condizione necessaria per considerare l'intervento come locale risulta quindi rispettata.