FERNANDO GISOLDI
ARCHITETTO
fernando.gisoldi@archiworldpec.it - fgisol@tin.it - fernando.gisoldi@gmail.com
Via Remoto, 8 - Campoli Del Monte Taburno (BN)
Studio di Progettazione - Tel. 0824.873232

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università

Investimento 1.3: Piano per le infrastrutture per lo sport nelle scuole

Finanziato dall'Unione europea NextGenerationEU

Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

FUTURA LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI

Ministero dell'Istruzione e del Merito

PROGETTO ESECUTIVO

COMUNE DI
CAMPOLI DEL MONTE TABURNO (BN)

COMMITTENTE

AMM.ne COMUNALE CAMPOLI M.T.

Piazza La Marmora, 14
82030 – Campoli M.T. (Benevento)
Tel/Fax 0824.873039 - PEC: campolimt@pec.it
P.IVA - Cod.Fis.: 80005880622

RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELLA PALESTRA SCOLASTICA

IL PROGETTISTA
Arch. Fernando GISOLDI

ARCHITETTI - PIANIFICATORI - PAESAGGISTI E CONSERVATORI
FERNANDO GISOLDI
ARCHITETTO
N° 259
PROVINCIA DI BENEVENTO

All. A

- *Relazione generale*
- *Relazioni specialistiche*
- *Cronoprogramma*
- *Stralcio di mappa catastale*

COMUNE DI CAMPOLI DEL MONTE TABURNO

Provincia di Benevento

OGGETTO: ***PROGETTO ESECUTIVO***
RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELLA PALESTRA SCOLASTICA

Committente: ***Amministrazione Comunale***

Relazione generale

Premessa

L'Amministrazione del Comune di Campoli del Monte Taburno, nell'intento di riqualificare ed adeguare dal punto di funzionale la palestra scolastica esistente, incaricava il sottoscritto, Arch. Fernando Gisoldi di redigere il presente progetto.

Descrizione dell'intervento da realizzare.

Inquadramento urbanistico e territoriale

L'area oggetto dell'intervento è all'interno del perimetro urbano e ricade nella zona "SCUOLE" del PRG Vigente, mentre ai fini della classificazione del Piano Territoriale Paesistico Ambito Massiccio del Taburno, ricade in zona R.U.A. (*Zona di Restauro Paesistico Ambientale e di Recupero Urbanistico Edilizio*);

Intervento di progetto

L'intervento di progetto è finalizzato alla RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELLA PALESTRA SCOLASTICA, dell'edificio scolastico capoluogo "Prof. Michelangelo Caporaso" sito alla via Vigne.

rispondenza del progetto alle finalità dell'intervento

Il progetto prevede interventi volti alla RIQUALIFICAZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELLA PALESTRA SCOLASTICA al fine di partecipare all'avviso:
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA
Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università
Investimento 1.3: Piano per le infrastrutture per lo sport nelle scuole ART. 4 PUNTO 1 LETTERA D.

criteri utilizzati per le scelte progettuali

le scelte progettuali sono scaturite dall'analisi delle condizioni dello stato di fatto e quindi dalla necessità di adeguamento richieste in seguito a sopralluogo effettuato presso la palestra dell'edificio scolastico oggetto di intervento.

Gli aspetti dell'inserimento dell'intervento sul territorio

L'intervento di progetto prevede, oltre alle opere interne di rifacimento della pavimentazione sportiva della palestra anche alcune opere di efficientamento energetico tra cui cappotto termico, coibentazione termica sul solaio di copertura e il montaggio di copertura leggera in lamiera con fotovoltaico in copertura; quindi senza nessun problema di inserimento sul territorio, per cui, anche se il territorio di Campoli del Monte Taburno rientra nel P.T.P. del Massiccio del Taburno-Camposauro, per tali lavori non è necessario acquisire il preventivo parere della competente Soprintendenza.

caratteristiche prestazionali e descrittive dei materiali prescelti

Le caratteristiche prestazionali dei materiali prescelti saranno le stesse dei materiali esistenti e/o migliori e conformi alle nuove normative vigenti sia in campo impiantistico che per l'edilizia scolastica. Realizzati i seguenti interventi:

isolamento termico in copertura

- Isolamento termico e acustico realizzato con pannelli rigidi in lana di roccia spessore 10 cm;
- Massetto sottile di sottofondo in preparazione del piano di posa della impermeabilizzazione;
- Manto impermeabile prefabbricato doppio strato costituito da membrane bitumero polimero elastoplastomeriche;

Copertura leggera in lamiera

- Struttura realizzata con sostegni telescopici regolabili in altezza, in acciaio zincato;
- Fornitura e posa di carpenteria metallica;
- Formazione di manto di copertura in lastre grecate;
- Canali di gronda e pluvuali.

Cappotto termico

- Isolamento termico - sistema a cappotto - pannelli di polistirene espanso estruso - Spessore 10 cm;

Impianto fotovoltaico

- N° 50 pannelli fotovoltaici in silicio policristallino per un totale di 14.5 Kw completo di inverter.

Pavimentazione palestra certificato alla reazione al fuoco

- Fornitura e messa in opera di pavimentazione in pvc sportivo, provvista di marcatura CE (EN14904), eseguita utilizzando un pavimento in
  PVC sportivo multistrato compatto (EN 651), stabilizzato con fibra di vetro e rinforzato con un foglio di PVC omogeneo calandrato per
  garantire un'ottima stabilità dimensionale e un'eccellente resistenza all'impronta residua e allo strappo. Lo strato inferiore del pavimento sarà composto da schiuma ad alta densità per un buon assorbimento acustico. Lo strato di usura in PVC puro trasparente di 0,70 mm avrà un trattamento poliuretanico rinforzato TopClean XP PUR reinforced che faciliterà la pulizia e la manutenzione. Il pavimento dovrà essere fornito con uno spessore totale di 6.50 mm, in teli di cm 200 di altezza con un peso di 4710 g/mq; reazione al fuoco (EN 13501-1) Cfl s1 incollato su supporto incombustibile. La natura compatta del materiale abbinata al trattamento antibatterico applicato su tutta la massa Sanitized garantirà caratteristiche batteriostatiche in conformità alla NF EN ISO 846. Il pavimento dovrà corrispondere alle seguenti norme e valori e dovrà essere prodotto da fabbriche con certificazione ISO 9001 e ISO 14001. Assorbimento degli urti EN 14808 26%. Rimbalzo
  della palla EN 12235 100%. Resistenza all'impatto EN 1517 nessuna degradazione.compreso applicazione appretto isolante per ancoraggio nuova rasatura al fondo esistente. Compreso rasatura del sottofondo eseguita

con stesura a più mani di apposito impasto livellante a base cementizia. Posato con adesivo adeguato. Compreso saldatura dei giunti con inserimento di apposito cordolo. Compreso zoccolino e tracciamento linee campo.

condizionatori

- N° 6 condizionatori a pompa di calore. Classe di efficienza energetica A++. Potenza di raffreddamento da 2,31 kW a 3,40 kW completi di griglie di protezione antiurto e integrazioni all'impianto elettrico con prese.

Fornitura attrezzature palestra

- Fornitura e installazione di "percorso vita" e n° due porte professionali 3x2 in acciaio compreso reti;

Manutenzione servizi palestra

- opere di manutenzione all'impianto idrico e alle finiture dei bagni e spogliatoi della palestra.

I criteri di progettazione delle strutture e degli impianti, in particolare per quanto riguarda la sicurezza, la funzionalità e l'economia di gestione;

Non sono previste modifiche sul piano strutturale. Le pavimentazioni saranno realizzate in osservanza alle norme per la sicurezza e l'antincendio.

aspetti riguardanti la geologia, la topografia, l'idrologia, le strutture e la geotecnica

Non ci sono aspetti, trattati nel progetto, che riguardano problematiche di carattere geologico.
Non sono stati esaminati aspetti riguardanti le interferenze, gli espropri, il paesaggio, l'ambiente e gli immobili di interesse storico, artistico ed archeologico in quanto non sussistono.

soluzioni adottate per il superamento delle barriere architettoniche

E' previsto il rifacimento della pavimentazione in PVC nella palestra della scuola; tale pavimentazione sarà realizzata mantenendo praticamente lo stesso livello attuale in modo da consentire l'agevole accesso di persone disabili.

all'idoneità delle reti esterne dei servizi atti a soddisfare le esigenze connesse all'esercizio dell'intervento da realizzare;

Tutte le reti esterne risultano idonee all'allaccio degli impianti oggetto di intervento.

verifica sulle interferenze delle reti aeree e sotterranee con i nuovi manufatti ed al progetto della risoluzione delle interferenze medesime

Per gli interventi previsti non sussistono interferenze con reti aeree e/o sotterranee.

rispondenza al progetto preliminare ed alle eventuali prescrizioni dettate in sede di approvazione dello stesso

Il progetto esecutivo è sostanzialmente rispondente al progetto di prefattibilità.

opere di abbellimento artistico o di valorizzazione architettonica

Trattandosi di riqualificazione ed adeguamento, le opere di progetto saranno uniformate alla struttura esistente.

tempi necessari per la realizzazione dell'opera

Per la realizzazione dell'opera, considerato che i lavori probabilmente saranno effettuati in periodo di attività scolastiche in corso si prevede un tempo pari a 200gg.

Relazioni specialistiche del progetto esecutivo

relazione geologica

Allo stato attuale si ritiene che l'area di che trattasi sia consolidata per cui si esclude, per l'intervento previsto, un livello di pericolosità geologica meritevole di attenzione.

relazioni idrologica e idraulica

L'intervento di progetto prevede opere che non alterano l'assetto idrologico ed idraulico esistente per cui non è necessario, ai fini progettuali, uno studio accurato delle acque meteoriche, superficiali e sotterranee ne di calcoli preliminari relativi al dimensionamento dei manufatti idraulici (che rimangono gli stessi).

relazione sulle strutture e geotecnica

Non sono previsti nel progetto interventi di modifica dello schema statico esistente per cui non si ritiene necessario definire indagini e verifiche di calcolo strutturale che di tipo geotecnico.

relazione archeologica:

La documentazione storica disponibile e le osservazioni condotte in sito, fanno escludere per l'intervento proposto delle interferenze con elementi di valore archeologico ritrovabili soprattutto nel sottosuolo.

relazione tecnica delle opere architettoniche

Gli interventi di progetto non alterano il valore architettonico delle opere esistenti.

relazione tecnica impianti

Nel progetto si prevede la realizzazione di elementi impiantistici e quindi saranno utilizzati pezzi certificati e rispondenti alle norme vigenti in materia.

sistema di sicurezza per l'esercizio e le caratteristiche del progetto

Tutti gli interventi di progetto mirano alla riduzione dei rischi sui luoghi di lavoro.

relazione sulla gestione delle materie:

Tutti i materiali provenienti da demolizioni e/o demolizioni saranno trasportati a discariche controllate e autorizzate nel rispetto della normativa vigente.

Segue relazione generale di calcolo del manto di copertura con sistema VENTILCOVER:

ONDULIT ITALIANA S.p.A.

Via Portuense, 95/e - Roma

RELAZIONE GENERALE DI CALCOLO DI UN NUOVO MANTO DI SOVRACOPERTURA CON SISTEMA VENTILCOVER SECONDO D.M. 17.01.2018 ED UNI 1993-1-3

INDICE

1.	Premessa		pag. 2
2.	Normative e riferimenti		pag. 3
3.	Materiali e sezioni resistenti		pag. 4
4.	Analisi dei carichi		pag. 9
	4.1	Classificazione dell'opera	pag. 9
	4.2	Coefficienti parziali per le combinazioni di carico	pag. 9
	4.3	Coefficienti parziali per le azioni	pag. 9
	4.4	Combinazione delle azioni	pag. 9
	4.5	Pesi propri e permanenti portati	pag. 10
	4.6	Sovraccarichi variabili	pag. 10
	4.7	Sovraccarichi dovuti alla neve	pag. 10
	4.8	Sovraccarichi dovuti al vento	pag. 10
	4.9	Azione sismica	pag. 11
5.	Analisi delle sollecitazioni e valutazione della sicurezza		pag. 13
	5.1	Verifica di resistenza a flessione e di deformazione dell'arcareccio ad omega	pag. 13
	5.2	Verifica di resistenza a compressione dei pilastri con controllo della instabilità	pag. 15
	5.3	Verifica di resistenza al rifollamento del serraggio dei pilastri	pag. 16
	5.4	Verifica di resistenza al taglio sui bulloni di serraggio	pag. 16
	5.5	Verifica di resistenza a flessione e di deformazione della lastra multistrato	pag. 16
	5.6	Verifica al pedonamento ed ai carichi concentrati	pag. 16
	5.7	Depressione dovuta all'azione del vento	pag. 17
	5.8	Appoggio su solaio tramite piastra	pag. 20
	5.9	Carico medio complessivo trasmesso alla copertura esistente	pag. 21
	5.10	Verifiche sotto l'azione sismica	pag. 21
6.	Utilizzo delle tabelle e dei diagrammi di progetto		pag. 24

1. PREMESSA

La presente relazione di calcolo strutturale ha per oggetto le analisi dei carichi, le analisi delle sollecitazioni e le verifiche di sicurezza relative alle strutture previste per la realizzazione di un nuovo manto di sovracopertura con sistema Ventilcover.

L'intervento prevede, sulla copertura esistente, la disposizione di una nuova copertura ventilata con il sistema Ventilcover della Ondulit Italiana S.p.A., costituito da una struttura metallica sulla quale vengono successivamente fissate le lastre multistrato di copertura. La struttura metallica è costituita da pilastri verticali di lunghezza variabile ed arcarecci con sezione ad omega.

I pilastri sono di altezza regolabile telescopicamente, essendo realizzati con due tubolari a sezione quadrata scorrevoli uno dentro l'altro (pilastro capitello tubolare aperto 35x35x2 – pilastro tipo tubolare 40x40x2), bloccati tra loro con bulloni passanti ϕ 6 mm che garantiscono, tenuto conto della disposizione e del numero dei fori predisposti con interasse 2 cm, una rapida e precisa regolazione dell'altezza in fase di montaggio. Tale sistema di regolazione permette di realizzare il piano di posa della nuova copertura secondo la pendenza di progetto e di recuperare eventuali pendenze o difetti delle superfici di appoggio dei pilastri stessi. Tali elementi sono inoltre dotati in sommità di un capitello per l'alloggiamento ed il bloccaggio dell'arcareccio ed alla base di una piastra preforata per il fissaggio al solaio esistente mediante tasselli meccanici ad espansione.

Gli arcarecci vengono realizzati con profilati ad omega di sezione 80x40x20 sp.2 oppure 60x40x20 sp. 1,5. Tali elementi, forniti di lunghezza pari a 600 cm, vengono posti in opera con lo schema statico a tre oppure quattro appoggi e due oppure tre campate di luce pari a 300 cm oppure 200 cm ed un interasse tra gli stessi pari a i.

L'orizzontamento finale è realizzato con lastre multistrato.

2. NORMATIVE E RIFERIMENTI

a) Legge 5 novembre 1971 n.1086 "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato normale e precompresso ed a struttura metallica"

b) C.N.R. 10022/84 "Profilati a freddo: istruzioni per l'impiego nelle costruzioni"

c) UNI EN 14782/2006 " Lastre metalliche autoportanti per coperture, rivestimenti esterni e interni - Specifica di prodotto e requisiti"

d) UNI EN 1993-1-3/2007 "Progettazione delle strutture di acciaio: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo"

e) UNI EN 1993-1-5/2007 "Progettazione delle strutture di acciaio: Elementi strutturali a lastra"

f) Circolare 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008

g) UNI EN 10346/2015 "Prodotti piani di acciaio rivestiti per immersione a caldo in continuo per formatura a freddo – Condizioni tecniche di fornitura"

h) Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni"

3. MATERIALI E SEZIONI RESISTENTI

In base a quanto previsto dalle attuali normative in relazione ai materiali utilizzati per la progettazione e la realizzazione degli elementi costituenti il sistema Ventilcover, sono stati adottati i seguenti parametri meccanico deformativi:

Acciaio tipo S 250 GD / 1.0242 + Z140 in prodotti piani rivestiti per immersione a caldo sp. ≤ 3 mm (secondo EN 10346 – EN 1993-1-3)

- tensione di rottura a trazione $f_u \geq 3.300$ daN/cmq
- tensione di snervamento $f_{yb} \geq 2.500$ daN/cmq
- allungamento $A_{80} \geq 19\%$
- modulo elastico $E = 2.100.000$ daN/cmq
- coefficiente $\varepsilon = \sqrt{\frac{2.350}{f_{yk}}} =$ 0,9695

Coefficienti di sicurezza per la resistenza delle membrature e per la stabilità:

- resistenza delle sezioni classe 1-2-3-4 $\gamma_{M0} = 1,05$
- resistenza all'instabilità delle membrature $\gamma_{M1} = 1,05$
- resistenza nei riguardi della frattura delle sezioni tese $\gamma_{M2} = 1,25$

Bulloni e viti di classe 4.6 – dado classe 4

- tensione di rottura a trazione $f_{tb} \geq 4.000$ daN/cmq
- tensione di snervamento $f_{yb} \geq 2.400$ daN/cmq
- coefficiente di sicurezza per unioni con bulloni o viti $\gamma_{M2} = 1,25$

Per quanto riguarda le caratteristiche geometriche ed inerziali reali ed efficaci dei diversi elementi strutturali costituenti la copertura con sistema Ventilcover si adottano i seguenti valori:

Pilastro tubolare

	H cm	B cm	t cm	p daN/m	A cm^2	A_v cm^2	J_{22} cm^4	J_{33} cm^4	$W_{22,min}$ cm^3	$W_{33,min}$ cm^3	ρ_{22} cm	ρ_{33} cm
pilastro capitello	3,5	3,5	0,20	1,89	2,41	1,18	4,14	4,76	2,18	2,72	1,31	1,41

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

ali rapporto c/t = 5,0 < 33 ε = 32,0 **sezione classe 1**

anime rapporto c/t = 15,5 < 72 ε = 69,8 sezione classe 1

	H cm	B cm	t cm	p daN/m	A cm^2	A_v cm^2	J_{22} cm^4	J_{33} cm^4	$W_{22,min}$ cm^3	$W_{33,min}$ cm^3	ρ_{22} cm	ρ_{33} cm
pilastro tipo	4,0	4,0	0,20	2,37	3,02	1,60	7,29	7,29	3,65	3,65	1,55	1,55

ali rapporto c/t = 18,0 < 33 ε = 32,0 **sezione classe 1**

anime rapporto c/t = 18,0 < 72 ε = 69,8 sezione classe 1

Arcareccio

	H cm	B cm	t cm	p daN/m	A cm^2	A_v cm^2	J_{22} cm^4	J_{33} cm^4	$W_{22,min}$ cm^3	$W_{33,min}$ cm^3	ρ_{22} cm	ρ_{33} cm
omega h=80 80x40x20 sp. 2,0	8,0	7,61	0,20	3,54	4,51	3,20	37,14	18,13	9,25	4,77	2,87	2,01

ala superiore rapporto c/t = 15,6 < 33 ε = 32,0 **sezione classe 1**

anime rapporto c/t = 36,1 < 72 ε = 69,9 sezione classe 1

ali inferiori rapporto c/t = 8,3 < 9 ε = 8,7 sezione classe 1

	H cm	B cm	t cm	p daN/m	A cm^2	A_v cm^2	J_{22} cm^4	J_{33} cm^4	$W_{22,min}$ cm^3	$W_{33,min}$ cm^3	ρ_{22} cm	ρ_{33} cm
omega h=60 60x40x20 sp. 1,5	6,0	7,73	0,15	2,15	2,74	1,78	13,35	12,11	4,42	3,13	2,21	2,10

ala superiore rapporto c/t = 20,1 < 33 ε = 32,0 sezione classe 1

anime rapporto c/t = 32,2 < 72 ε = 69,8 sezione classe 1

ali inferiori rapporto c/t = 8,9 < 10 ε = 9,7 **sezione classe 2**

In via cautelativa, per i profili tubolari e per gli arcarecci ad omega si assume sempre $W_{pl} = W_{el}$.

Bulloni di fissaggio

	d cm	A_{res} cm^2
Bulloni ϕ 6	0,60	0,201

Sulla base delle caratteristiche degli acciai e della geometria dei diversi profilati, risultano le seguenti sollecitazioni resistenti per i pilastri tubolari, per gli arcarecci e per i bulloni di fissaggio.

Pilastro tubolare

Resistenza di calcolo a compressione con verifica di stabilità (NTC 2018 – 4.2.4.1.3.1)

Capitello (H_{max} = 30 cm)

$N_{c,Rd} = \chi\ A\ f_{yk} / \gamma_{M1} = \chi\ 2{,}62 \times 2.500 / 1{,}05 =$ **χ 5.730 daN = 4.822 daN**

dove:

χ coefficiente di sezione e materiale $\dfrac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0{,}841605$

con:

Φ $= 0{,}5\ [1 + \alpha\ (\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2] = 0{,}700348$

α fattore di imperfezione = 0,49 per profili tubolari cavi formati a freddo

$\bar{\lambda}$ snellezza adimensionale $= \sqrt{\dfrac{A\ f_{yk}}{N_{cr}}} = \dfrac{\lambda}{\lambda_1} = 0{,}0165\ L = 0{,}502477$

λ_1 $\pi \sqrt{\dfrac{E}{f_{yk}}} = 93{,}92\ \varepsilon = 91{,}05$

λ snellezza per la modalità di instabilità pertinente $= \dfrac{\beta\ H_{max}}{\rho} = 45{,}75152$

β coefficiente di instabilità = 2

H_{max} altezza massima dei pilastri = 30 cm

ρ raggio d'inerzia del pilastro = 1,31 cm

pilastro tipo (H_{max} = 135 cm)

$N_{c,Rd} = \chi\ A\ f_{yk} / \gamma_{M1} = \chi\ 3{,}02 \times 2.500 / 1{,}05 =$ **χ 7.190 daN = 1.528 daN**

dove:

χ coefficiente di sezione e materiale $\dfrac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} = 0{,}212574$

con:

Φ $= 0{,}5\ [1 + \alpha\ (\bar{\lambda} - 0{,}2) + \bar{\lambda}^2] = 2{,}739139$

α fattore di imperfezione = 0,49 per profili tubolari cavi formati a freddo

$\overline{\lambda}$ snellezza adimensionale = $\sqrt{\frac{A f_{yk}}{N_{cr}}} = \frac{\lambda}{\lambda_1}$ = 0,0165 L = 1,908208

λ_1 $\pi\sqrt{\frac{E}{f_{yk}}}$ = 93,92 ε = 91,05

λ snellezza per la modalità di instabilità pertinente = $\frac{\beta H_{max}}{\rho}$ = 173,7461

β coefficiente di instabilità = 2

H_{max} altezza massima dei pilastri = 135 cm

ρ raggio d'inerzia del pilastro = 1,55 cm

Resistenza di calcolo a rifollamento del profilo (NTC 2018 – 4.2.8.1.1)

capitello e pilastro tipo

$F_{b,Rd} = k\ \alpha\ f_{tk}\ d\ t\ /\ \gamma_{M2}$ = 2,50 x 0,95 x 3.300 x 0,6 x 0,2 / 1,25 = **752,4 daN**

dove:

d	diametro nominale della vite	= 0,6 cm
t	spessore della lamiera di pilastro tipo e capitello	= 0,2 cm
f_{tk}	resistenza a rottura della lamiera	= 3.300 daN/cmq
f_{tb}	resistenza a rottura della vite	= 3.700 daN/cmq
d_0	diametro nominale del foro	= 0,7 cm
α	min [$e_1/(3\ d_0)$; f_{tb} / f_{tk}; 1] = [2/(3 x 0,7); 3.700 / 3.300; 1]	= 0,95
k	min [2,8 e_2/d_0 - 1,7; 2,5] = [2,8 x 1,75 / 0,7 – 1,7; 2,5]	= 2,50

Momento resistente di calcolo a flessione retta (NTC 2018 – 4.2.4.1.2)

capitello

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl}\ f_{yk}\ /\ \gamma_{M0}$ = 2,18 x 2.500 / 1,05 = **5.192 daN cm**

pilastro tipo

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl}\ f_{yk}\ /\ \gamma_{M0}$ = 3,65 x 2.500 / 1,05 = **8.681 daN cm**

Resistenza di calcolo a taglio (NTC 2018 – 4.2.4.1.2)

capitello

$V_{c,Rd} = A_v\ f_{yk}\ /\ (\sqrt{3}\ \gamma_{M0})$ = 1,18 x 2.500 / ($\sqrt{3}$ x 1,05) = **1.625 daN**

pilastro tipo

$V_{c,Rd} = A_v f_{yk} / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0}) = 1{,}60 \times 2.500 / (\sqrt{3} \times 1{,}05) =$ **2.199 daN**

Resistenza di calcolo a trazione (NTC 2018 – 4.2.4.1.2)

$N_{t,Rd} = \min (N_{pl,Rd} ; N_{u,Rd}) = \min (A_{el} f_{yk} ; \gamma_{M0} / 0{,}9\ A_{net} f_{tk} / \gamma_{M2})$

capitello

2,41 x 2.500 / 1,05 ; 0,9 x 2,17 x 3.300 / 1,25 = **5.148 daN**

pilastro tipo

3,02 x 2.500 / 1,05 ; 0,9 x 2,78 x 3.300 / 1,25 = **6.604 daN**

Arcareccio di copertura

Momento resistente di calcolo a flessione retta (NTC 2018 – 4.2.4.1.2)

Per sezioni di classe 1 e 2

Omega 80x40x20 sp. 2,0

$M_{c,Rd} = M_{pl,Rd} = W_{pl} f_{yk} / \gamma_{M0} = 9{,}25 \times 2.500 / 1{,}05 =$ **22.035 daN cm**

Per sezioni di classe 3

Omega 60x40x20 sp. 1,5

$M_{c,Rd} = M_{el,Rd} = W_{el,min} f_{yk} / \gamma_{M0} = 4{,}42 \times 2.500 / 1{,}05 =$ **10.516 daN cm**

Resistenza di calcolo a taglio (NTC 2018 – 4.2.4.1.2)

Omega 80x40x20 sp. 2,0

$V_{c,Rd} = A_v f_{yk} / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0}) = 3{,}20 \times 2.500 / (\sqrt{3} \times 1{,}05) =$ **4.398 daN**

Omega 60x40x20 sp. 1,5

$V_{c,Rd} = A_v f_{yk} / (\sqrt{3}\ \gamma_{M0}) = 1{,}78 \times 2.500 / (\sqrt{3} \times 1{,}05) =$ **2.453 daN**

Bulloni di fissaggio

Resistenza di calcolo a taglio dei bulloni (NTC 2018 – 4.2.8.1.1)

$F_{v,Rd} = 0{,}6\ f_{tb} A_{res} / \gamma_{M2} = 0{,}6 \times 4.000 \times 0{,}201 / 1{,}25 =$ **386 daN**

4. ANALISI DEI CARICHI

Di seguito vengono indicate in dettaglio le schematizzazioni adottate per la definizione delle azioni di progetto ed il comportamento strutturale della nuova copertura.

4.1 Classificazione dell'opera (NTC 2018 – 2.4.1 e 2.4.2)

Vita nominale V_N

Classe d'uso

4.2 Coefficienti parziali per le combinazioni di carico (NTC 2018 - 2.5.2)

	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
vento	0,6	0,2	0,0
neve (a quota < 1000 m.s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
neve (a quota > 1000 m.s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
categoria H coperture	0,0	0,0	0,0

4.3 Coefficienti parziali per le azioni (NTC 2018 – 2.6.1)

	STR – A1
peso proprio e carichi permanenti favorevoli	$\gamma_{G1} = 1,0$
peso proprio e carichi permanenti sfavorevoli	$\gamma_{G1} = 1,3$
carichi permanenti non strutturali favorevoli	$\gamma_{G2} = 0,8$
carichi permanenti non strutturali sfavorevoli	$\gamma_{G2} = 1,5$
carichi variabili favorevoli	$\gamma_{Qi} = 0,0$
carichi variabili sfavorevoli	$\gamma_{Qi} = 1,5$

4.4 Combinazione delle azioni (NTC 2018 – 2.5.3)

Combinazioni fondamentali (SLU) $\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2}$

a) Accidentale 1,3 p.p. + 1,5 perm. + 1,5 cop. + (1,5 x 0,5) neve

b) Neve < 1000 m.s.l.m. 1,3 p.p. + 1,5 perm. + 1,5 neve

c) Vento (depressione) 1,0 p.p. + 0,8 perm. + 1,5 vento (depressione)

Combinazione caratteristica rara (SLE) $G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2}$

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

a) Accidentale	p.p. + perm. + cop. + 0,5 neve
b) Neve< 1000 m.s.l.m.	p.p. + perm. + neve
c) Vento (depressione)	p.p. + perm. + vento (depressione)

Combinazione caratteristica frequente (SLE)	$G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2}$
a) Accidentale e neve < 1000 m.s.l.m.	p.p. + perm. + 0,2 cop. + 0,2 neve
b) Vento (depressione)	p.p. + perm. + 0,2 vento (depressione)

4.5 Pesi propri e permanenti portati

Lastre multistrato	9,0 daN/mq
Arcareccio sez. 80x40x20 sp. 2,0	3,54 daN/m
Arcareccio sez. 60x40x20 sp. 1,5	2,15 daN/m
Pilastro 40x40 sp. 2 mm	2,37 daN/m

4.6 Sovraccarichi variabili (NTC 2018 - 3.1.4)

In aggiunta ai sovraccarichi variabili della neve e del vento, i cui valori sono funzione di diversi parametri legati al contesto ed alla costruzione, per le coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione (cat. H) sono previsti i seguenti sovraccarichi variabili:

DESTINAZIONE	verticali ripartiti q_k (daN/mq)	verticali concentrati Q_k (daN)	orizzontali distribuiti H_k (daN/m)
H Copertura accessibili per sola manutenzione e riparazione	50	120	100

4.7 Sovraccarichi dovuti al vento (NTC 2018 – 3.3)

Pressione del vento sopravvento e sottovento (sempre in depressione) in corrispondenza delle *zone ordinarie*

$$p_f = q_b \, c_e \, c_p \, c_d$$

Pressione del vento sopravvento e sottovento (sempre in depressione) in corrispondenza delle *zone di discontinuità*

$$p_f = q_b \, c_e \, c_p \, c_d$$

4.8 Sovraccarichi dovuti alla neve (NTC 2018 – 3.4)

carico di neve

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

$$q_S = \mu_1 \, q_{sk} \, C_E \, C_t$$

4.9 Azione sismica (NTC 2018 – 2.4.3, 3.2 e 7.2.3)

Coefficiente d'uso C_U

Comune

Zona sismica

Latitudine

Longitudine

Categoria di sottosuolo

Combinazione sismica $E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2}$ = sisma + p.p. + perm.

Considerato che la presente relazione intende verificare elementi di tipo secondario, specificatamente dedicati a sopportare i soli carichi accidentali di copertura e soprattutto la neve, per la loro verifica sismica si ritiene opportuno adottare, a favore di sicurezza, la seguente espressione in cui, pur se non previsto dalla normativa vigente, si considera presente anche una quota parte del sovraccarico accidentale:

Sisma sisma + p.p. + perm. + 0,33 neve

forza sismica orizzontale $F_a = \dfrac{S_a \; W_a}{q_a}$

dove:

q_a = fattore di struttura dell'elemento = 2,0 (struttura metallica con schema statico a mensola)

W_a = peso dell'elemento (massa in sommità al pilastro)

S_a = accelerazione massima adimensionalizzata corrispondente allo stato limite in esame desunta dalla seguente espressione:

$$S_a = \alpha \, S \left[\frac{3\left(1+\frac{Z}{H}\right)}{1+\left(1-\frac{T_a}{T_1}\right)^2} - 0{,}5 \right] \geq \alpha \, S$$

con:

α = rapporto tra l'accelerazione massima del terreno a_g su suolo tipo A nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g

$S = S_S S_T$ coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

Z = quota del baricentro dell'elemento non strutturale dal piano di fondazione

H = altezza della costruzione dal piano di fondazione

T_a = periodo fondamentale di vibrazione del pilastro tubolare

T_1 = periodo fondamentale di vibrazione della costruzione

5. ANALISI DELLE SOLLECITAZIONI E VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA

Di seguito vengono riportate le analisi delle sollecitazioni e la valutazione della sicurezza dei diversi elementi strutturali e quindi dell'intero sistema Ventilcover ed in particolare:

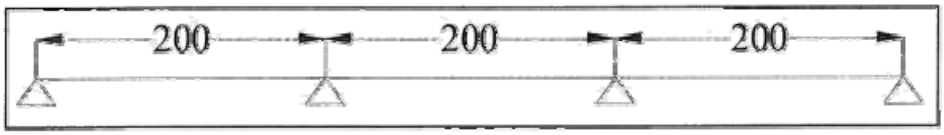
1. verifica di resistenza a flessione e di deformazione dell'arcareccio ad omega
2. verifica di resistenza a compressione dei pilastri con controllo della instabilità
3. verifica di resistenza al rifollamento del serraggio dei pilastri
4. verifica di resistenza al taglio sui bulloni di serraggio
5. verifica di resistenza a flessione e di deformazione della lastra multistrato
6. verifica al pedonamento ed ai carichi concentrati
7. depressione dovuta all'azione del vento
8. appoggio su solaio tramite piastra
9. carico medio complessivo sulla copertura esistente
10. verifica sotto l'azione sismica

5.1 Verifica di resistenza a flessione e di deformazione dell'arcareccio ad omega

Per la verifica di resistenza e deformativi degli arcarecci ad omega si tiene conto del fatto che tali elementi vengono forniti con una lunghezza pari a 600 cm, montati con lo schema statico a due oppure tre campate con tre oppure quattro appoggi, luce di calcolo "L" pari a 300 cm oppure a 200 cm e con un interasse "i".



due campate L = 300 cm



tre campate L = 200 cm

Con tali ipotesi i carichi distribuiti di progetto risultano (a favore di sicurezza il peso proprio della lastra multistrato viene assimilato a permanente portato):

p.p. = arcareccio sez. 80x40x20 sp. 2,0 = 3,54 daN/m

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

p.p. = arcareccio sez. 60x40x20 sp. 1,5 = 2,15 daN/m

perm = p.p. lastre x i = 9 daN/mq x i

Tenuto conto del fatto che il vento agisce sempre in depressione e delle possibili combinazioni fondamentali agli stati limite ultimo e di esercizio, il sovraccarico accidentale massimo discendente risulta dalla seguente espressione:

$$acc_{max}\ (SLU) = \text{massimo tra} \begin{cases} 1{,}5\ cop + 0{,}75\ neve \\ 1{,}5\ neve \end{cases}$$

$$acc_{max}\ (SLE) = \text{massimo tra} \begin{cases} cop + 0{,}5\ neve \\ neve \end{cases}$$

Di conseguenza, le massime azioni di progetto allo SLU e deformazioni allo SLE risultano dalle seguenti espressioni:

schema a due campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{(1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L^2}{14{,}22}$$

$$m^{-}_{Ed} = -\frac{(1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L^2}{8}$$

$$V_{Ed} = 0{,}625\ (1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$R_{Ed} = 1{,}250\ (1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$\delta_{max} = \frac{2{,}08\ (p.p. + perm. + acc_{max})\ L^4}{384\ E\ J}$$

$$\delta_2 = \frac{2{,}08\ acc_{max}\ L^4}{384\ E\ J}$$

schema a tre campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{(1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L^2}{12{,}50}$$

$$m^{-}_{Ed} = -\frac{(1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L^2}{10}$$

$$V_{Ed} = 0{,}600\ (1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$R_{Ed} = 1{,}100\ (1{,}3\ p.p. + 1{,}3\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$\delta_{max} = \frac{2{,}64\ (p.p. + perm. + acc_{max})\ L^4}{384\ E\ J}$$

$$\delta_2 = \frac{2{,}64\ acc_{max}\ L^4}{384\ E\ J}$$

Tenuto conto delle resistenze a flessione ed a taglio del profilato ad omega le verifiche di sicurezza risultano soddisfatte secondo le seguenti espressioni:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} < 1$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} < 1$$

La verifica degli stati deformativi per gli arcarecci risulta soddisfatta in quanto rispetta le seguenti condizioni:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{200}$$

$$\delta_2 \leq \frac{L}{250}$$

5.2 Verifica di resistenza a compressione dei pilastri con controllo della instabilità

La verifica a compressione con valutazione degli effetti d'instabilità viene condotta nell'ipotesi più gravosa e cioè di massima escursione del pilastro telescopico per il caso in esame. In questa situazione, considerata la sezione di tubolare maggiormente sollecitata del pilastro tipo (tubolare 40x40x2), risultano i seguenti parametri geometrici ed inerziali:

altezza massima del pilastro $H_{max} = 135$ cm

coefficiente di sezione e materiale $\chi = 0{,}212574$

Con tali parametri la verifica a compressione con valutazione degli effetti della instabilità risulta soddisfatta come ricavato dalla seguente espressione:

$$\frac{N_{c,Ed}}{N_{c.Rd}} < 1$$

dove:

$N_{c,Ed}$ = 1,3 p.p. (pilastro) H_{max} + R_{Ed}

5.3 Verifica di resistenza al rifollamento del serraggio dei pilastri

Per la verifica al rifollamento della lamiera costituente i pilastri, realizzati con tubolari spessore 2 mm, si fa riferimento al massimo carico verticale agente sul pilastro ed alla sezione di acciaio soggetta al rifollamento, considerando che il fissaggio interessa due facce opposte del pilastro. Con tali dati la massima azione di contatto in corrispondenza foro risulta la seguente, con la conseguente condizione di verifica:

$$F_{b,Ed} = \frac{N_{c,Ed}}{2}$$

pilastro tipo e capitello $\qquad \frac{F_{b,Ed}}{F_{b,Rd}} < 1$

5.4 Verifica di resistenza al taglio sui bulloni di serraggio

Per la verifica della resistenza dei bulloni di serraggio dei pilastri di diametro 6 mm, ricavato il massimo carico verticale agente sul pilastro, la massima sollecitazione di taglio sulla vite risulta la seguente, con la relativa condizione di verifica:

$$F_{v,Ed} = \frac{N_{c,Ed}}{2}$$

$$\frac{F_{v,Ed}}{F_{c,Rd}} < 1$$

5.5 Verifica di resistenza a flessione e di deformazione della lastra multistrato

Per quanto riguarda le verifiche di resistenza a flessione e di deformazione delle lastre multistrato di copertura, si fa riferimento alle tabelle di dimensionamento fornite dalla Ondulit Italiana S.p.A. nelle quali, tenuto conto degli interassi e degli schemi statici di esercizio, sono correlate le luci di esercizio con i sovraccarichi sopportabili dalle lastre.

Per il dimensionamento del sistema di fissaggio delle lastre multistrato all'arcareccio ad omega sottostante, ai fini della tenuta sia ai carichi discendenti che a quelli ascendenti, si segue quanto previsto e riportato dalla Ondulit Italiana S.p.A. nelle relative istruzioni e specifiche di montaggio delle lastre stesse.

5.6 Verifica al pedonamento ed ai carichi concentrati

Per le verifiche di resistenza all'azione dei carichi concentrati ed in particolare del

pedonamento si valutano, per lo schema statico previsto, le massime sollecitazioni dovute al carico concentrato F previsto dalla attuale normativa e pari a 120 daN, applicato in corrispondenza di un arcareccio ad omega nella posizione più sfavorevole lungo le campate. Con tali ipotesi risultano le seguenti massime sollecitazioni, ritenendo trascurabili le azioni indotte dal peso proprio degli elementi:

schema a due campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{1{,}5\,Q_k\,L}{5{,}75} = +9.392 \text{ daN cm}$$

$$m^{-}_{Ed} = -\frac{1{,}5\,Q_k\,L}{5{,}20} = -10.385 \text{ daN cm}$$

$$V_{Ed} = 1{,}5\,Q_k = 180 \text{ daN}$$

schema a tre campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{1{,}5\,Q_k\,L}{4{,}88} = +7.377 \text{ daN cm}$$

$$m^{-}_{Ed} = -\frac{1{,}5\,Q_k\,L}{5{,}20} = -6.923 \text{ daN cm}$$

$$V_{Ed} = 1{,}5\,Q_k = 180 \text{ daN}$$

Tenuto conto delle resistenze a flessione ed a taglio dei profilati ad omega le verifiche di sicurezza risultano soddisfatte secondo le seguenti espressioni:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} < 1$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} < 1$$

5.7 Depressione dovuta all'azione del vento

Tenuto conto del fatto che il sistema Ventilcover viene posto in opera con una pendenza contenuta, l'azione del vento induce sull'intera struttura delle azione di depressione e quindi di sollevamento.

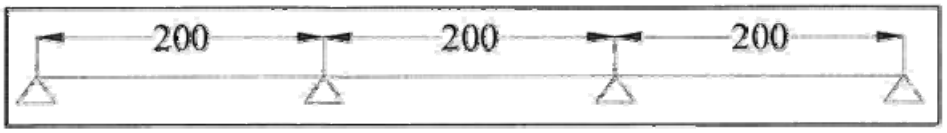
Arcarecci

Per la verifica di resistenza e deformativi degli arcarecci ad omega, si tiene conto del fatto che tali elementi vengono forniti con una lunghezza pari a 600 cm, montati con lo schema statico a due oppure a tre campate con tre oppure quattro appoggi, luce di calcolo

"L" pari a 300 cm oppure a 200 cm e con un interasse "i".



due campate L = 300 cm



tre campate L = 200 cm

Con tali ipotesi i carichi distribuiti di progetto risultano:

p.p. = arcareccio sez. 80x40x20 sp. 2,0 = 3,54 daN/m

p.p. = arcareccio sez. 60x40x20 sp. 1,5 = 2,15 daN/m

perm = p.p. lastre x i = 9 daN/mq x i

Tenuto conto del fatto che il vento agisce sempre in depressione e delle possibili combinazioni fondamentali agli stati limite ultimo e di esercizio, il sovraccarico accidentale massimo ascendente risulta dalle seguenti espressioni:

acc_{max} (SLU) = 1,5 p_f (vento)

acc_{max} (SLE) = p_f (vento)

Di conseguenza, le massime azioni di progetto allo SLU e deformazioni allo SLE risultano dalle seguenti espressioni:

schema a due campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{(1{,}0\ \text{p.p.} + 1{,}0\ \text{perm.} + acc_{max})\, L^2}{14{,}22}$$

$$m^{-}_{Ed} = -\frac{(1{,}0\ \text{p.p.} + 1{,}0\ \text{perm.} + acc_{max})\, L^2}{8}$$

$$V_{Ed} = 0{,}625\ (1{,}0\ \text{p.p.} + 1{,}0\ \text{perm.} + acc_{max})\, L$$

$$R_{Ed} = 1.250\ (1{,}0\ \text{p.p.} + 1{,}0\ \text{perm.} + acc_{max})\, L$$

$$\delta_{max} = \frac{2{,}08\ (\text{p.p.} + \text{perm.} + acc_{max})\, L^4}{384\ E\ J}$$

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

$$\delta_2 = \frac{2{,}08\ acc_{max}\ L^4}{384\ E\ J}$$

schema a tre campate

$$M^{+}_{Ed} = \frac{(1{,}0\ p.p. + 1{,}0\ perm. + acc_{max})\ L^2}{12{,}50}$$

$$m^{-}_{Ed} = - \frac{(1{,}0\ p.p. + 1{,}0\ perm. + acc_{max})\ L^2}{10}$$

$$V_{Ed} = 0{,}600\ (1{,}0\ p.p. + 1{,}0\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$R_{Ed} = 1{,}100\ (1{,}0\ p.p. + 1{,}0\ perm. + acc_{max})\ L$$

$$\delta_{max} = \frac{2{,}64\ (p.p. + perm. + acc_{max})\ L^4}{384\ E\ J}$$

$$\delta_2 = \frac{2{,}64\ acc_{max}\ L^4}{384\ E\ J}$$

Tenuto conto delle resistenze a flessione ed a taglio del profilato ad omega, le verifiche di sicurezza risultano soddisfatte secondo le seguenti espressioni:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} < 1$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} < 1$$

La verifica degli stati deformativi per gli arcarecci risulta soddisfatta in quanto rispetta le seguenti condizioni:

$$\delta_{max} \leq \frac{L}{200}$$

$$\delta_2 \leq \frac{L}{250}$$

Pilastri

Il valore della massima azione di trazione sul pilastro indotta dalla depressione prodotta dal vento si ricava dalla seguente espressione allo SLU, trascurando a favore di sicurezza il peso proprio del pilastro stesso:

$$N_{t.Ed} = R_{Ed}$$

Con tale valore la verifica a trazione per il pilastro di sezione minore risulta soddisfatta come ricavato dalla seguente espressione:

$$\frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} < 1$$

Per quanto riguarda il sistema di ancoraggio del pilastro sul solaio sottostante, ciascuno dei tasselli ad espansione è dimensionato e verificato per sopportare il seguente massimo carico di trazione:

$$N_{b,Ed} = \frac{N_{t,Ed}}{n}$$

dove:

$N_{t,Ed}$ carico di trazione per depressione sul singolo pilastro

n numero dei tasselli ad espansione di ancoraggio per ogni pilastro

La tipologia e le specifiche dei tasselli di fissaggio devono essere definite in funzione dei massimi carichi e delle caratteristiche del supporto sottostante esistente.

Per i contesti geografici o le porzioni di copertura con valori di carico del vento particolarmente gravosi, è prevista la possibilità di modificare gli schemi di montaggio del sistema Ventilcover dimezzando la distanza tra i pilastri e di conseguenza la luce di calcolo delle travi continue. Per tali situazioni si rimanda all'appendice A del presente documento, dove sono esplicati i criteri di calcolo e dimensionamento e sono contenuti le tabelle di verifica ed i grafici per la progettazione del sistema Ventilcover.

5.8 Appoggio su solaio tramite piastra

Il massimo carico al piede del pilastro maggiormente sollecitato nella configurazione di massimo carico verticale discendente, è riportata nella seguente espressione:

$N_{c,Ed}$ = 1,3 p.p. (pilastro) H_{max} + R_{Ed}

La corrispondente massima pressione di contatto al piede, tenuto conto delle dimensioni della piastra di appoggio 15x15 cm per pilastro tipo risulta:

1: Lastra + Pilastro Hmax 135 cm con Piastra di base

Pilastro tipo

$$\sigma_c = \frac{N_{c,Ed}}{A_b}$$

5.9 Carico medio complessivo trasmesso alla copertura esistente

Il massimo sovraccarico complessivo, uniformemente distribuito sulla copertura esistente in conseguenza della messa in opera del sistema Ventilcover, risulta pressoché equivalente a quello presente prima della realizzazione. Infatti non ci sono variazioni sui valori dei sovraccarichi accidentali, mentre l'incremento di carico dovuto alla presenza della nuova struttura a telai metallici e della lastra multistrato risulta contenuto.

Alla luce di tale considerazione e del fatto che il sistema Ventilcover viene posto in opera su una copertura piana praticabile per la quale era comunque previsto un adeguato sovraccarico originario di progetto, si può affermare che in questo caso l'incremento delle sollecitazioni indotte dal sistema Ventilcover sulle strutture sottostanti è estremamente modesto e quindi trascurabile.

5.10 Verifica sotto l'azione sismica

A favore di sicurezza si trascura qualsiasi collaborazione dovuta al piano rigido dovuto alle lastre di copertura e/o alle travi ad omega, di conseguenza l'azione sismica sui pilastri viene analizzata nell'ipotesi di elemento verticale indipendente incastrato al piede con una forza orizzontale concentrata applicata in sommità, risultante dalla seguente espressione:

Forza sismica orizzontale $$F_a = \frac{S_a \; W_a}{q_a}$$

dove:

q_a = fattore di struttura dell'elemento, = 2,0 (struttura metallica a mensola)

W_a = peso dell'elemento = [p.p. / i + perm. + 0,33 neve] x (L x i)

S_a = accelerazione massima adimensionalizzata corrispondente allo stato limite in esame desunta dalla seguente espressione:

$$S_a = \alpha S \left[\frac{3\left(1+\frac{Z}{H}\right)}{1+\left(1-\frac{T_a}{T_1}\right)^2} - 0{,}5 \right] \geq \alpha S$$

con:

α = rapporto tra l'accelerazione massima del terreno ag su suolo tipo A nello stato limite in esame e l'accelerazione di gravità g

$S = S_S S_T$ coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche

Z = quota del baricentro dell'elemento non strutturale dal piano di fondazione

H = altezza della costruzione dal piano di fondazione

T_a = periodo fondamentale di vibrazione del pilastro tubolare. Tale valore può essere desunto in prima approssimazione dall'espressione relativa all'oscillatore semplice per il quale:

$$T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{W_a}{K}}$$

con:

$$K = \frac{3 E J_{pil}}{H_{max}^3}$$

H_{max} = altezza massima del pilastro

T_1 = periodo fondamentale di vibrazione della costruzione

Tenuto conto della altezza della copertura in corrispondenza del pilastro di maggiore estensione (H_{max} = 135 cm) i parametri significativi e le massime sollecitazioni al piede del pilastro risultano:

$V_{Ed} = F_a$

N_{Ed} = p.p. (pil) + W_a

$M_{Ed} = F_a H_{max}$

Tenuto conto delle resistenze a flessione ed a taglio del profilato tubolare utilizzato per il pilastro di maggiore altezza, le verifiche di sicurezza per il pilastro tipo risultano soddisfatte secondo le seguenti espressioni:

$$\frac{M_{Ed}}{M_{c.Rd}} < 1$$

$$\frac{V_{Ed}}{V_{c.Rd}} =< 1$$

Trascurando a favore di sicurezza il carico verticale, il valore della massima azione di trazione indotta sui tasselli ad espansione di ancoraggio sul solaio sottostante, risulta dalla seguente espressione dove si tiene conto del fatto che, trattandosi di una verifica di un meccanismo fragile, si prevedono i fattori di sovraresistenza γ_{ov} (NTC 2018 – 7.5.1) e la gerarchia delle resistenze tra colonna e collegamento al piede (NTC 2018 – 7.5.4.5)

$$N_{b.Ed} = 1{,}1\ \gamma_{ov}\ \frac{M_{Ed}}{n\ d}$$

dove:

γ_{ov}	fattore di sovraresistenza	1,25
d	interasse dei fissaggi su solaio per pilastro tipo	7,7 cm
n	numero dei fissaggi	2 + 2

La tipologia e le specifiche dei tasselli di fissaggio devono essere definite in funzione dei massimi carichi e delle caratteristiche del supporto sottostante esistente.

6. UTILIZZO DELLE TABELLE E DEI DIAGRAMMI DI PROGETTO

Le tabelle riportate in allegato correlano, per le diverse condizioni di verifica sopra esaminate, i valori dei massimi sovraccarichi di neve e di vento di progetto con il massimo interasse ammissibile per gli arcarecci ad omega, tenendo conto anche del sovraccarico verticale ripartito H previsto per le coperture non praticabili. I valori di progetto sono i minimi risultanti da tutte le condizioni. Detti valori minimi sono più semplicemente diagrammati nei grafici riassuntivi.

In sintesi, una volta individuato i sovraccarichi di neve e di vento previsti dalla normativa, è possibile utilizzare i grafici per la progettazione del sistema Ventilcover e fissare la combinazione ottimale tra interasse dei pilastri, l'interasse degli arcarecci ed il profilo ad omega, essendo infatti sempre soddisfatte tutte le condizioni di progetto riportate in precedenza.

Per il dimensionamento definitivo dell'intervento rimangono da individuare in dettaglio le tipologie e le caratteristiche dei tasselli meccanici ad espansione per il fissaggio sul solaio esistente e da effettuare le verifiche ai carichi orizzontali dovuti all'azione sismica, per la quale non è possibile effettuare a priori delle verifiche di dimensionamento, non essendo note le variabili legate all'azione sismica.

Per facilitare tale attività, nelle tabelle è riportata nell'ultima colonna l'accelerazione massima sopportabile dal sistema Ventilcover, con esclusione del sistema di fissaggio sul solaio esistente, con specifico riferimento all'interasse individuato e per una altezza massima dei pilastri pari a 135 cm.

OMEGA 80x40x20x2,0 NEVE

TRE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro			
interasse pilastri L	200	cm	neve	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	compressione	i	Sa
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nc,Rd	minimo	
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	g
peso lastra	9	daN/mq	40	105	70	468	3.137	893	810	295	581	590	295	0,931
PILASTRO			60	120	80	415	2.779	793	709	261	514	523	261	0,816
Nc,Rd - compressione	1.528	daN	80	135	90	372	2.495	713	630	235	462	469	235	0,742
Fb,Rd - rifollamento	752	daN	100	150	100	338	2.264	647	567	213	419	426	213	0,692
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	120	180	120	285	1.909	547	473	180	353	359	180	0,708
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	140	210	140	246	1.651	474	405	155	306	310	155	0,720
peso proprio	0,0237	daN/cm	160	240	160	217	1.454	417	355	137	269	273	137	0,730
ARCARECCIO 80x40x20x2			180	270	180	194	1.299	373	315	122	241	244	122	0,738
Mc,Rd - flessione retta	22.035	daN cm	200	300	200	175	1.174	338	284	110	217	221	110	0,744
Vc,Rd - taglio	4.398	daN	220	330	220	160	1.071	308	258	101	198	201	101	0,750
peso proprio	0,0354	daN/cm	240	360	240	147	985	283	236	93	182	185	93	0,754
momento inerzia	37,14	cm4	260	390	260	136	911	262	218	86	169	171	86	0,758
BULLONI			280	420	280	127	848	244	203	80	157	159	80	0,762
Fv,Rd - taglio	386	daN	300	450	300	118	793	228	189	75	147	149	75	0,765

OMEGA 80x40x20x2,0 NEVE

DUE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro			
interasse pilastri L	300	cm	neve	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	compressione	i	Sa
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nc,Rd	minimo	
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	g
peso lastra	9	daN/mq	40	105	70	164	2.006	333	305	171	339	344	164	1,074
PILASTRO			60	120	80	145	1.778	296	267	152	300	305	145	0,945
Nc,Rd - compressione	1.528	daN	80	135	90	130	1.596	266	237	136	270	274	130	0,863
Fb,Rd - rifollamento	752	daN	100	150	100	118	1.448	241	213	124	245	249	118	0,806
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	120	180	120	100	1.221	204	178	104	206	210	100	0,824
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	140	210	140	86	1.056	177	152	90	178	181	86	0,838
peso proprio	0,0237	daN/cm	160	240	160	76	930	156	133	80	157	160	76	0,849
ARCARECCIO 80x40x20x2			180	270	180	68	831	139	119	71	140	143	68	0,858
Mc,Rd - flessione retta	22.035	daN cm	200	300	200	61	751	126	107	64	127	129	61	0,865
Vc,Rd - taglio	4.398	daN	220	330	220	56	685	115	97	59	116	118	56	0,871
peso proprio	0,0354	daN/cm	240	360	240	51	630	106	89	54	106	108	51	0,876
momento inerzia	37,14	cm4	260	390	260	48	583	98	82	50	98	100	48	0,881
BULLONI			280	420	280	44	542	91	76	46	92	93	44	0,885
Fv,Rd - taglio	386	daN	300	450	300	41	507	85	71	43	86	87	41	0,888

OMEGA 60x40x20x1,5 NEVE

TRE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro			
interasse pilastri L	200	cm	neve	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	compressione	i	Sa
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nc,Rd	minimo	
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	g
peso lastra	9	daN/mq	40	105	70	223	1,749	320	291	297	582	591	223	1,245
PILASTRO			60	120	80	198	1,550	284	255	263	516	524	198	1,089
Nc,Rd - compressione	1.528	daN	80	135	90	177	1,392	255	226	236	463	470	177	0,991
Fb,Rd - rifollamento	752	daN	100	150	100	161	1,263	232	204	214	420	427	161	0,922
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	120	180	120	136	1,065	196	170	181	354	360	136	0,944
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	140	210	140	117	921	170	146	156	306	311	117	0,961
peso proprio	0,0237	daN/cm	160	240	160	103	811	150	127	138	270	274	103	0,974
ARCARECCIO 60x40x20x1,5			180	270	180	92	725	134	113	123	241	245	92	0,985
Mc,Rd - flessione retta	10.516	daN cm	200	300	200	83	655	121	102	111	218	221	83	0,993
Vc,Rd - taglio	2.453	daN	220	330	220	76	597	110	93	101	199	202	76	1,001
peso proprio	0,0215	daN/cm	240	360	240	70	549	101	85	93	183	186	70	1,007
momento inerzia	13,35	cm4	260	390	260	65	508	94	78	86	169	172	65	1,012
BULLONI			280	420	280	60	473	87	73	80	157	160	60	1,017
Fv,Rd - taglio	386	daN	300	450	300	56	442	82	68	75	147	149	56	1,021

OMEGA 80x40x20x2,0 VENTO

TRE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro		
interasse pilastri L	200	cm	vento	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	trazione	i
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nt,Rd	minimo
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
peso lastra	9	daN/mq	-40	-60	-40	1.073	7.179	2.276	1.418	698	1.351	5.896	698
PILASTRO			-60	-90	-60	676	4.520	1.383	945	439	851	3.712	439
Nt,Rd - trazione	- 6.604	daN	-80	-120	-80	493	3.299	994	709	321	621	2.709	321
Fb,Rd - rifollamento	- 752	daN	-100	-150	-100	388	2.597	775	567	252	489	2.133	252
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	-120	-180	-120	320	2.141	636	473	208	403	1.758	208
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	-140	-210	-140	272	1.822	539	405	177	343	1.496	177
peso proprio	0,0237	daN/cm	-160	-240	-160	237	1.585	467	355	154	298	1.302	154
ARCARECCIO 80x40x20x2			-180	-270	-180	210	1.403	413	315	136	264	1.152	136
Mc,Rd - flessione retta	22.035	daN cm	-200	-300	-200	188	1.258	369	284	122	237	1.033	122
Vc,Rd - taglio	4.398	daN	-220	-330	-220	171	1.141	334	258	111	215	937	111
peso proprio	0,0354	daN/cm	-240	-360	-240	156	1.043	305	236	101	196	857	101
momento inerzia	37,14	cm4	-260	-390	-260	144	961	281	218	93	181	789	93
BULLONI			-280	-420	-280	133	891	260	203	87	168	732	87
Fv,Rd - taglio	- 386	daN	-300	-450	-300	124	830	242	189	81	156	682	81

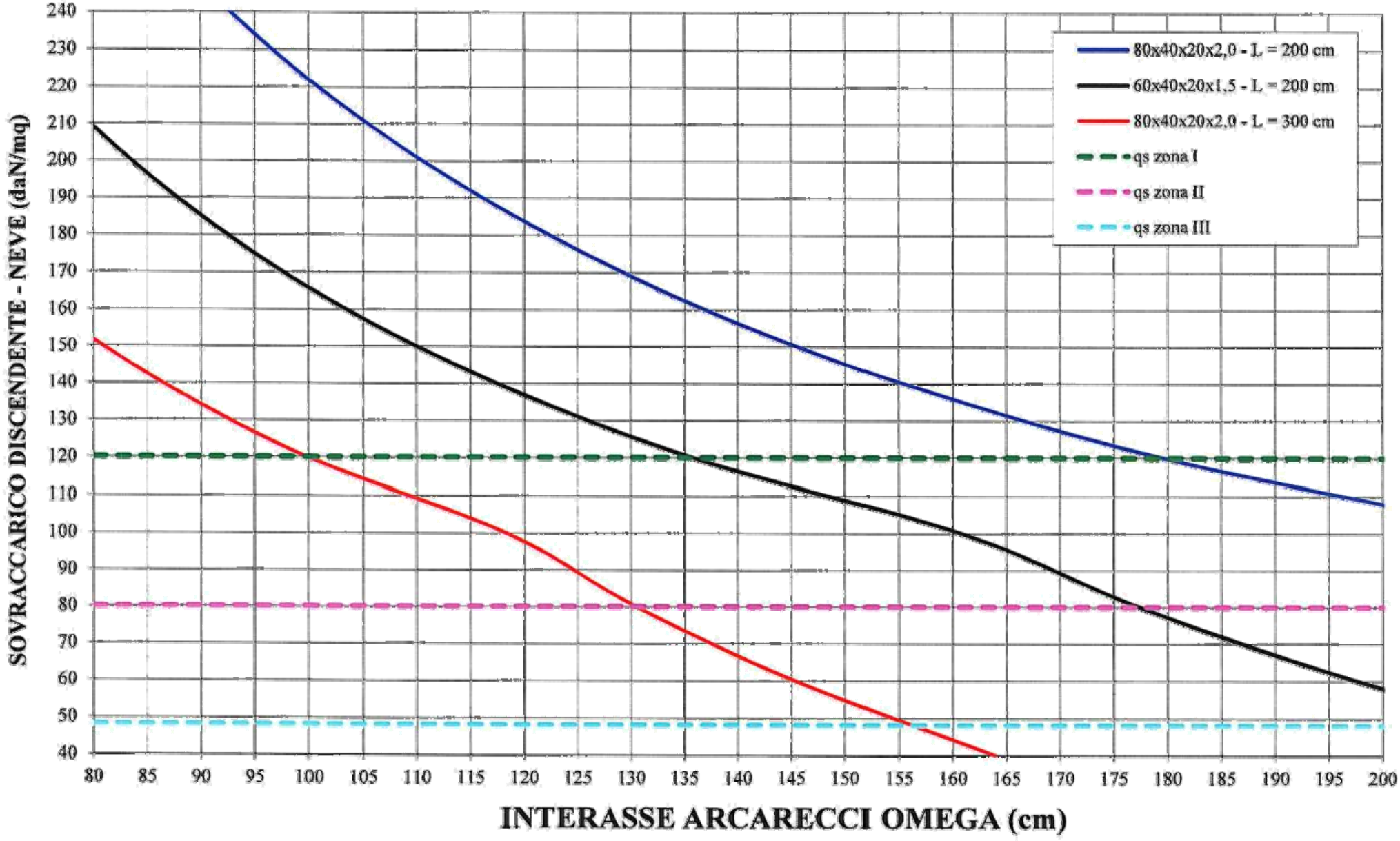
OMEGA 80x40x20x2,0 VENTO

DUE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro		
interasse pilastri L	300	cm	vento	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	trazione	i
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nt,Rd	minimo
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
peso lastra	9	daN/mq	-40	-60	-40	377	4.592	849	533	412	795	3.462	377
PILASTRO			-60	-90	-60	237	2.891	516	356	260	501	2.180	237
Nt,Rd - trazione	- 6.604	daN	-80	-120	-80	173	2.110	371	267	189	365	1.591	173
Fb,Rd - rifollamento	- 752	daN	-100	-150	-100	136	1.661	289	213	149	288	1.252	136
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	-120	-180	-120	112	1.370	237	178	123	237	1.032	112
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	-140	-210	-140	96	1.165	201	152	105	202	878	96
peso proprio	0,0237	daN/cm	-160	-240	-160	83	1.014	174	133	91	176	764	83
ARCARECCIO 80x40x20x2			-180	-270	-180	74	897	154	119	81	155	676	74
Mc,Rd - flessione retta	22.035	daN cm	-200	-300	-200	66	805	138	107	72	139	607	66
Vc,Rd - taglio	4.398	daN	-220	-330	-220	60	730	125	97	65	126	550	60
peso proprio	0,0354	daN/cm	-240	-360	-240	55	667	114	89	60	116	503	55
momento inerzia	37,14	cm4	-260	-390	-260	50	615	105	82	55	106	463	50
BULLONI			-280	-420	-280	47	570	97	76	51	99	430	47
Fv,Rd - taglio	- 386	daN	-300	-450	-300	44	531	90	71	48	92	400	44

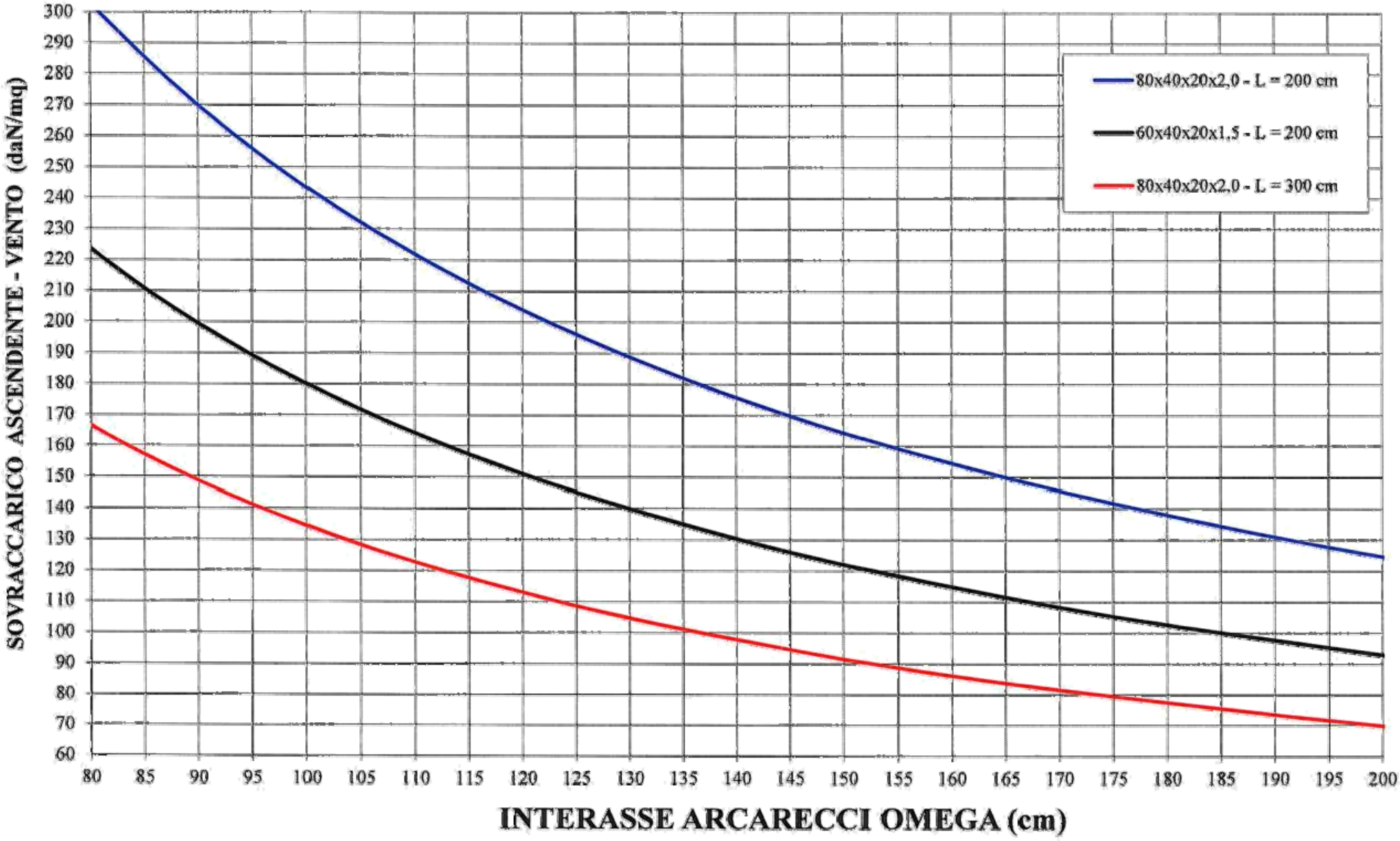
OMEGA 60x40x20x1,5 VENTO

TRE CAMPATE						arcareccio				bullone	pilastro		
interasse pilastri L	200	cm	vento	acc	acc	flessione	taglio	freccia	freccia	taglio	rifollamento	trazione	i
altezza max pilastri H	1,35	m	qs	SLU	SLE	Mc,Rd	Vc,Rd	totale	accidentale	Fv,Rd	Fb,Rd	Nt,Rd	minimo
modulo elastico E	2.100.000	daN/cmq	daN/mq	daN/mq	daN/mq	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm	cm
peso lastra	9	daN/mq	-40	-60	-40	511	4.004	815	510	679	1.333	5.893	510
PILASTRO			-60	-90	-60	322	2.521	517	340	428	839	3.711	322
Nt,Rd - trazione	6.604	daN	-80	-120	-80	235	1.840	371	255	312	612	2.708	235
Fb,Rd - rifollamento	752	daN	-100	-150	-100	185	1.448	290	204	246	482	2.132	185
Mc,Rd - flessione retta	8.681	daN cm	-120	-180	-120	152	1.194	238	170	203	397	1.758	152
Vc,Rd - taglio	2.199	daN	-140	-210	-140	130	1.016	201	146	172	338	1.495	130
peso proprio	0,0237	daN/cm	-160	-240	-160	113	884	175	127	150	294	1.301	113
ARCARECCIO 60x40x20x1,5			-180	-270	-180	100	782	154	113	133	260	1.152	100
Mc,Rd - flessione retta	10.516	daN cm	-200	-300	-200	90	702	138	102	119	234	1.033	90
Vc,Rd - taglio	2.453	daN	-220	-330	-220	81	636	125	93	108	212	936	81
peso proprio	0,0215	daN/cm	-240	-360	-240	74	582	114	85	99	194	856	74
momento inerzia	13,35	cm4	-260	-390	-260	68	536	105	78	91	178	789	68
BULLONI			-280	-420	-280	63	497	97	73	84	165	731	63
Fv,Rd - taglio	386	daN	-300	-450	-300	59	463	91	68	79	154	682	59

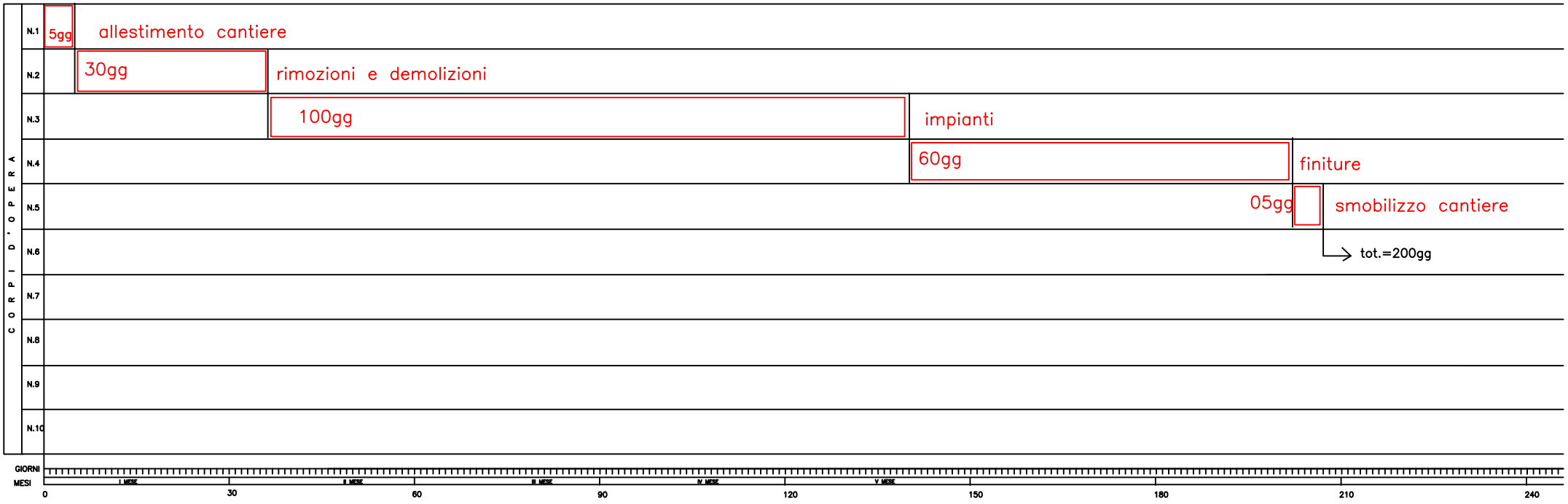
VENTILCOVER - Omega vari - L = 200 cm o 300 cm



VENTILCOVER - Omega vari - L = 200 cm o 300 cm



C R O N O P R O G R A M M A D E I L A V O R I



COMUNE DI CAMPOLI DEL MONTE TABURNO

(Provincia di Benevento)

STRALCIO DI MAPPA CATASTALE

FOGLIO N°2

AREA SCOLASTICA particelle 625,683,682,680,678,669,676,679,668,667,665,624(campetto)

