

SETTORE S4 - PIANIFICAZIONE E SOSTENIBILITA' URBANA EDILIZIA PRIVATA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)
Finanziato dall'Unione Europea NextGenerationEU
**Missione M5 - Componente C2 - Misura Investimenti in progetti
di rigenerazione urbana, volti a ridurre situazioni di emarginazione
e degrado sociale - Investimento 2.1**

Progetto n.75 / 22:
**"RIGENERAZIONE AREA FERROVIARIA
EX CONSORZIO AGRARIO: SOTTOPASSO CICLOPEDONALE
STAZIONE FERROVIARIA" - ID 8930**
CUI: S00184280360202200060 - CUP: C94E21000160001

PROGETTO DEFINITIVO-ESECUTIVO

progettista

fabio ferrini ingegnere
via ciro menotti 43
41121 modena (mo)
tel. 059.7274501
fax. 059.5960161
fabioferrini@ferriningegneria.com
fabio.ferrini@ingpec.eu

responsabile unico del procedimento

calogero filippello ingegnere
via peruzzi 2
41012 carpi (mo)
tel. 059.6469158
calogero.filippello@comune.carpi.mo.it
lavori.pubblici@pec.comune.carpi.mo.it

elaborato **C4**

**RELAZIONE SUI MATERIALI NUOVA PENSILINA
PENSILINA SOTTOPASSO**

data
giugno 2023

I° revisione

II° revisione

scala

SOMMARIO

1.	PREMESSA.....	3
2.	RELAZIONE SUI MATERIALI	4
2.1.	CALCESTRUZZO per STRUTTURE DI FONDAZIONE	4
2.2.	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO – Armatura Platee.....	6
2.3.	MICROPALI	7
2.3.1.	MALTE E MISCELE CEMENTIZIE	7
2.3.2.	ARMATURE TUBOLARI.....	7
2.4.	ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA – Struttura in elevazione.....	8
2.4.1.	ACCIAI LAMINATI	8
2.4.2.	BULLONERIA	11
2.5.	STRUTTURE DI COPERTURA.....	11
2.5.1.	PANNELLI SANDWICH.....	11
	Coefficiente di trasmittanza termica U*.....	12
2.5.2.	LASTRE IN POLICARBONATO ALVEOLARE.....	16
2.6.	STRUTTURE DI RIVESTIMENTO	17
2.6.1.	LAMIERA MICROFORATA.....	17

1. PREMESSA

La presente relazione è stata redatta in conformità alle Norme Tecniche per le Costruzioni (**NTC 2018 – D.M. 17.01.2018**) e alle disposizioni di cui all'art. 93, commi 3,4 e 5 del Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 (**D.P.R. 380/2001**).

I capitoli della relazione di calcolo, la documentazione tecnica e gli elaborati grafici costituenti il progetto strutturale sono stati organizzati secondo quanto indicato all'**Allegato B** della Deliberazione della Giunta Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1373 del 26.09.2011 (**D.G.R. 1373/2011**) e ss.mm.ii.– Atto di indirizzo recante l'individuazione della documentazione attinente alla riduzione del rischio sismico.

I materiali ed i prodotti per uso strutturale delle opere soggette al rispetto delle NTC devono corrispondere alle specifiche di progetto che provvedono alla loro identificazione e qualificazione con riferimento alle prescrizioni contenute nel Cap.11 delle NTC2018.

I materiali ed i prodotti di cui è prevista in progetto l'utilizzazione, devono essere altresì sottoposti alle procedure ed alle prove sperimentali di accettazione, prescritte nelle NTC2018.

Esse sono dettagliatamente richiamate dalla presente relazione (vedi norme di settore richiamate in appendice).

2. RELAZIONE SUI MATERIALI

Di seguito sono descritte le caratteristiche di resistenza e durabilità dei materiali previsti per le opere strutturali.

2.1. CALCESTRUZZO per STRUTTURE DI FONDAZIONE

Ai fini della valutazione del comportamento e della resistenza delle strutture in calcestruzzo, quest'ultimo viene titolato e identificato mediante la classe di resistenza contraddistinta dai valori caratteristici delle resistenze cilindrica e cubica a compressione uniassiale, misurate rispettivamente su provini cilindrici (o prismatici) e cubici, espressa in MPa (§ 11.2). Per le classi di resistenza normalizzate per calcestruzzo normale si può fare utile riferimento a quanto indicato nelle norme UNI EN 206-1:2016 e nella UNI 11104:2004. Sulla base della denominazione normalizzata vengono definite le classi di resistenza della Tab.4.1.I riportata nelle NTC 2018.

Tab. 4.1.I – Classi di resistenza

Classe di resistenza
C8/10
C12/15
C16/20
C20/25
C25/30
C30/37
C35/45
C40/50
C45/55
C50/60
C55/67
C60/75
C70/85
C80/95
C90/105

Oltre alle classi di resistenza riportate in Tab. 4.1.I si possono prendere in considerazione le classi di resistenza già in uso C28/35 e C32/40.

I calcestruzzi delle diverse classi di resistenza trovano impiego secondo quanto riportato nella Tab.4.1.II, fatti salvi i limiti derivanti dal rispetto della durabilità.

Per classi di resistenza superiore a C70/85 si rinvia al caso C) del § 11.1.

Per le classi di resistenza superiori a C45/55, la resistenza caratteristica e tutte le grandezze meccaniche e fisiche che hanno influenza sulla resistenza e durabilità del conglomerato devono essere accertate prima dell'inizio dei lavori tramite un'apposita sperimentazione preventiva e la produzione deve seguire specifiche procedure per il controllo di qualità.

Tab. 4.1.II – Impiego delle diverse classi di resistenza

Strutture di destinazione	Classe di resistenza minima
Per strutture non armate o a bassa percentuale di armatura (§ 4.1.11)	C8/10
Per strutture semplicemente armate	C16/20
Per strutture precomprese	C28/35

Le condizioni ambientali, ai fini della protezione contro la corrosione delle armature metalliche, possono essere suddivise in ordinarie, aggressive e molto aggressive in relazione a quanto indicato nella Tab. 4.1.III con riferimento alle classi di esposizione definite nelle **Linee Guida per il calcestruzzo strutturale emesse dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici**.

Tabella 4.1.III – Descrizione delle condizioni ambientali

CONDIZIONI AMBIENTALI	CLASSE DI ESPOSIZIONE
Ordinarie	X0, XC1, XC2, XC3, XF1
Aggressive	XC4, XD1, XS1, XA1, XA2, XF2, XF3
Molto aggressive	XD2, XD3, XS2, XS3, XA3, XF4

Le strutture a platea su micropali, costituenti il sistema di fondazione profonda della tettoia di copertura del sottopasso ciclopedonale, sono realizzate in calcestruzzo armato; di seguito sono descritte le caratteristiche di resistenza e durabilità dei materiali previsti per le opere strutturali:

Calcestruzzo per opere di fondazione

Classe di resistenza: C 28/35 (Rck 35 MPa)

Classe di esposizione in riferimento alla Norma UNI EN 206-1: XC2

Classe di consistenza: >= fluida S4 – Semifluida S3

Max dimensione inerti: 25 mm

Copriferro minimo fondazioni: 50 mm

Caratteristiche del calcestruzzo			
Descrizione	Valori	Note	NTC
Resistenza a compressione	$f_{ck}=0.83 R_{ck}=29.05$	N/mm ²	11.2.10.1
Resistenza a compressione media	$f_{cm}=f_{ck}+8=36.0$	N/mm ²	11.2.10.2
Resistenza a trazione	$f_{ctm}=0.3(f_{ck})^{2/3}=2.766$	N/mm ²	
Resistenza a trazione per flessione	$f_{ctm}=1.2(f_{ctm})=3.32$	N/mm ²	
Coefficiente di sicurezza allo SLU	$\gamma_c=1.5$	-	4.1.2.1.1.2
Resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd}=0.21((f_{ck})^{2/3}/\gamma_c)=1.291$	N/mm ²	
Resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd}=\alpha_{cc}f_{ck}/\gamma_c=15.87$	N/mm ²	4.1.2.1.1.1
Resistenza tangenziale di calcolo	$\tau_{rd}=0.3$	N/mm ²	-
Modulo elastico normale	$E=32308.25$	N/mm ²	11.2.10.3
Coefficiente di Poisson	0.12	-	11.2.10.4
Peso Specifico	25.0	KN/m ³	-
Coefficiente di dilatazione termica	0.000012	1/°C	-

Calcestruzzo di sottofondazione

Classe di resistenza: C 12/15 (Rck 15 MPa)

Classe di esposizione in riferimento alla Norma UNI EN 206-1: X0

Classe di consistenza: Semifluida S3

Max dimensione inerti: 25 mm

Ulteriori note e prescrizioni

- *Distanziatori per le cassature*
Secondo il prEN 13670 par.6, i distanziatori in calcestruzzo devono avere almeno la stessa resistenza del calcestruzzo delle strutture e, come minimo, garantire la stessa protezione alla corrosione.
- *Acqua di impasto*
Per il confezionamento del calcestruzzo dovranno essere impiegate le acque potabili e/o quelle di riciclo conformi alla UNI EN 1008:2003.
- *Sabbia e ghiaia per gli impasti*

La sabbia e la ghiaia (granulometricamente assortite, con le dimensioni fini variabili da 0,5 a 5 mm) necessarie per formare gli impasti di calcestruzzo potranno essere di cava o di fiume. La sabbia da utilizzare nei calcestruzzi sarà ben assortita e non proveniente da rocce decomposte o gessose e non lasceranno tracce di sporco e non conterranno materiale organico. La ghiaia o pietrisco dovrà derivare da rocce non friabili e con resistenza maggiore di quella del calcestruzzo. La proporzione fra aggregato grosso e aggregato fine sarà conforme alle norme o al tipo di conglomerato richiesto.

L'acqua sarà limpida (non di sorgente), priva di sali e di sostanze organiche. Nella formazione degli impasti, i vari componenti devono risultare intimamente mescolati ed uniformemente distribuiti nella massa e, durante il getto, si dovrà procedere ad idonea azione di vibratura.

2.2. ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO – Armatura Platee

Per le strutture **si deve utilizzare acciaio B450C** di cui al § 11.3.2.1 delle NTC 2018.

Si consente l'utilizzo di acciai di tipo B450A, con diametri compresi tra 5 e 10 mm, per le reti e i tralicci; se ne consente inoltre l'uso per l'armatura trasversale (staffe) unicamente se è rispettata almeno una delle seguenti condizioni:

- elementi in cui è impedita la plasticizzazione mediante il rispetto del criterio di gerarchia delle resistenze;
- elementi secondari di cui al § 7.2.3, strutture poco dissipative con fattore di struttura $q = 1,5$.

È ammesso esclusivamente l'impiego di acciai saldabili qualificati secondo le procedure di cui al §11.3.1.2 delle NTC2018 e controllati con le modalità riportate nel § 11.3.2.11.

L'acciaio per cemento armato B450C, utilizzate per l'armatura delle strutture di fondazione, è caratterizzato dai seguenti valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura da utilizzare nei calcoli:

Tab. 11.3.Ia

$f_{y\ nom}$	450 N/mm ²
$f_{t\ nom}$	540 N/mm ²

e deve rispettare i requisiti indicati nella seguente Tab. 11.3.Ib:

Tab. 11.3.Ib

Caratteristiche		Requisiti	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento	f_{yk}	$\geq f_{y\ nom}$	5.0
Tensione caratteristica a carico massimo	f_{tk}	$\geq f_{t\ nom}$	5.0
	$(f_t/f_y)_k$	$\geq 1,15$	10.0
		$< 1,35$	
	$(f_y/f_{ynom})_k$	$\leq 1,25$	10.0
Allungamento	$(A_{gt})_k$	$\geq 7,5\%$	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	$\phi < 12\ mm$	4 ϕ	
	$12 \leq \phi \leq 16\ mm$	5 ϕ	
	per $16 < \phi \leq 25\ mm$	8 ϕ	
	per $25 < \phi \leq 40\ mm$	10 ϕ	

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche vale quanto indicato al § 11.3.2.3 delle NTC2018.

Di seguito, si riportano sinteticamente, le caratteristiche di resistenza e durabilità dei materiali previsti per l'armatura delle strutture di fondazione a platea su pali:

Acciaio per cemento armato - utilizzato:

Acciaio B450C
 $f_{yk} \geq 450$ MPa
 $f_{tk} \geq 540$ MPa
 $A_{qt,k} \geq 7.5$ %

2.3. MICROPALI

Pali trivellati ottenuti utilizzando perforazioni di piccolo diametro ($\varnothing \leq 250$ mm) con tubi metallici d'armatura dotati di valvole di non ritorno connessi al terreno mediante iniezione ripetuta ad alta pressione.

Le perforazioni dovranno essere eseguite senza rivestimento con impiego di fanghi di cemento e bentonite (tipo di perforazione in terreni uniformemente argillosi di media ed elevata consistenza esenti di intercalazioni incoerenti).

2.3.1. MALTE E MISCELE CEMENTIZIE

Per quanto riguarda le malte le miscele cementizie le medesime dovranno presentare resistenza cubica pari a $R_{ck} \geq 35$ MPa.

Si prescrive:

- Dosaggio in peso dei componenti tale da soddisfare un rapporto acqua/cemento: $a/c \leq 0.5$

La composizione delle miscele di iniezione, riferita ad 1 mc di prodotto, dovrà essere la seguente:

- Acqua: 600 kg
- Cemento: 1200 kg
- Additivi: 10÷20 kg
- Peso specifico pari a circa: 1.80 kg/dm³

La composizione delle malte, prevedendo un'efficace mescolazione dei componenti atta a ridurre la porosità dell'impasto, può fare riferimento al seguente dosaggio minimo, riferito ad 1 mc di prodotto finito:

- Acqua: 300 kg
- Cemento: 600 kg
- Additivi: 5÷10 kg
- Inerti: 1100÷1300 kg

2.3.2. ARMATURE TUBOLARI

Si useranno tubi di acciaio S355, senza saldatura longitudinale. Le giunzioni tra i diversi spezzoni di tubo potranno essere ottenute mediante manicotti filettati o saldati. Tali giunzioni dovranno consentire una trazione pari almeno all'80% del carico ammissibile a compressione.

I tubi dovranno essere dotati di valvole per l'iniezione, essi dovranno essere scovolati internamente dopo l'esecuzione dei fori di uscita della malta (fori $\varnothing 8$ mm) allo scopo di asportare le sbavature lasciate dal trapano. Le valvole saranno costituite da manicotti di gomma di spessore minimo $s = 3.5$ mm, aderenti al tubo e mantenuti in posto mediante anelli in fili di acciaio (diametro 4mm) saldati al tubo in corrispondenza dei bordi del manicotto. La valvola più bassa sarà posta subito sopra il fondello che occlude la base del tubo (anche le armature tubolari dovranno essere dotate di distanziatori non metallici per assicurare un copriferro minimo di 5cm, posizionati di preferenza sui manicotti di giunzione).

Si riportano le caratteristiche dei profili tubolari d'armatura utilizzati nel progetto in oggetto:

DIAMETRO ESTERNO	SPESSORE mm												
	5	5,6	6,3	7,1	8	8,8	10	11	12,5	14,2	16	17,5	20
mm	MASSA LINEICA Kg/m												
60,3	6,82	7,55	8,39	9,52	10,3	11,2	12,4	13,4	14,7				
63,5	7,21	8,00	8,89	9,88	10,9	11,9	13,2	14,2	15,7	17,3	18,7		
70	8,01	8,89	9,90	11,0	12,2	13,3	14,8	16,0	17,7	19,5	21,3		
73	8,38	9,31	10,4	11,5	12,8	13,9	15,5	16,8	18,7	20,6	22,5	24,0	
76,1	8,77	9,74	10,8	12,1	13,4	14,6	16,3	17,7	19,6	21,7	23,7	25,3	27,7
82,5	9,56	10,6	11,9	13,2	14,6	15,9	17,9	19,5	21,7	24,0	26,2	28,0	30,8
88,9	10,3	11,5	12,8	14,3	16,0	17,4	19,5	21,1	23,6	26,2	28,8	30,8	34,0
101,6	11,9	13,3	14,8	16,5	18,5	20,1	22,6	24,6	27,5	30,6	33,8	36,3	40,2
108	12,7	14,1	15,8	17,7	19,7	21,5	24,2	26,3	29,4	32,8	36,3	39,1	43,4
114,3	13,5	15,0	16,8	18,8	21,0	22,9	25,7	28,0	31,4	35,1	38,8	41,8	46,5
127	15,0	16,8	18,8	21,0	23,5	25,7	28,9	31,5	35,3	39,5	43,8	47,3	52,8
133	15,8	17,6	19,7	22,0	24,7	27,0	30,3	33,1	37,1	41,6	46,2	49,8	55,7
139,7	16,6	18,5	20,7	23,2	26,0	28,4	32,0	34,9	39,2	43,9	48,8	52,7	59,0
146			21,7	24,3	27,2	29,6	33,5	36,6	41,1	46,1	51,3	55,5	62,1
152,4	18,2	20,3	22,7	25,4	28,5	31,2	35,1	38,4	43,1	48,4	53,8	58,2	65,3
168,3	20,1	22,5	25,2	28,2	31,6	34,6	39,0	42,7	48,0	54,0	60,1	65,1	73,1
177,8	21,3	23,8	26,6	29,9	33,5	36,7	41,4	45,2	51,0	57,3	63,8	69,2	77,8
193,7	23,3	26,0	29,1	32,7	36,6	40,1	45,3	49,6	55,9	62,9	70,1	76,0	85,7
203			30,6	34,3	38,5	42,1	47,6	52,1	58,7	66,1	73,8	80,1	90,3
219,1			33,2	37,2	41,5	45,4	51,6	56,7	64,1	71,9	79,8	86,9	98,2

COMPARAZIONE CHIMICO/MECCANICA TRA DIFFERENTI TIPOLOGIE DI ACCIAI										
EN 10025	UNI 7070	API 5CT	Snervamento Rs min. N/mm ²	Resistenza R N/mm ²	Allungamento min. %	C	Mn	P	S	Si
						max.	max.	max.	max.	max.
S235	Fe360		235	340 - 470	26	0,17	1,40	0,035	0,035	0,350
S275	Fe430		275	410 - 560	22	0,18	1,50	0,035	0,035	0,350
S355	Fe510		355	490 - 630	22	0,22	1,60	0,035	0,035	0,550
		J55	379	517	24	0,37	1,45	0,030	0,030	0,350
		K55	379	655	19,5	0,37	1,45	0,030	0,030	0,350
		N80	551	689	18,5	0,36	1,45	0,030	0,030	0,350

2.4. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA – Struttura in elevazione

2.4.1. ACCIAI LAMINATI

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+, e per i quali si rimanda a quanto specificato al punto A del § 11.1 delle NTC 2018.

Per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE, si rimanda a quanto specificato al punto B del §11.1 e si applica la procedura di cui al § 11.3.4.11.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377:1999, UNI 552:1986, EN 10002-1:2004, UNI EN 10045-1:1992

In sede di progettazione si possono assumere convenzionalmente i seguenti valori nominali delle proprietà del materiale:

- modulo elastico $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- modulo di elasticità trasversale $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ N/mm}^2$
- coefficiente di Poisson $\nu = 0,3$
- coefficiente di espansione termica lineare $\alpha = 12 \times 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1}$ (per temperature fino a $100 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- densità $\rho = 7850 \text{ daN/m}^3$

Sempre in sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee EN 10025, EN 10210 ed EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle seguenti tabelle del capitolo 4.

Tab. 4.2.I – Laminati a caldo con profili a sezione aperta piani e lunghi

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	$t \leq 40 \text{ mm}$		$40 \text{ mm} < t \leq 80 \text{ mm}$	
	$f_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$f_{tk} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$f_{yk} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	$f_{tk} \text{ [N/mm}^2\text{]}$
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Tab. 4.2.II - Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale "t" dell'elemento			
	t ≤ 40 mm		40 mm < t ≤ 80 mm	
	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]	f _{yk} [N/mm ²]	f _{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S460 MH/MLH	460	530		
S460 NH/NHL	460	550		

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche si rimanda a quanto indicato al § 11 delle NTC2018. In questo ambito di indirizzo generale della norma i materiali scelti sono indicati nella seconda parte.

Acciaio per carpenteria metallica - utilizzato:

Per la realizzazione dei profilati costituenti le strutture principali e secondarie della Tettoia metallica si utilizzerà:

Acciaio S355JR – Per tutti i profili tubolari cavi e per tutti i fazzoletti, piastre e nervature

Classe di esecuzione UNI 1090-2 delle strutture in carpenteria: **EXC3**

Valori nominali fy e fu per laminati a caldo a sezione cava, di spessore nominale ≤ 40mm:

f_{yk} ≥ 355 MPa

f_{tk} ≥ 510 MPa

Classe di tenacità (secondo UNI EN 1993-1-10:2005)

$$T_{Ed} = T_{md} + \Delta T_r + \Delta T_\sigma + \Delta T_R + \Delta T_\epsilon + \Delta T_{ef}$$

Considerando un livello di snervamento proporzionale alla resistenza a snervamento nominale pari a $\sigma_{Ed} = 0.75 \cdot f_y(t)$ [N/mm²], si ottengono i seguenti valori massimi ammissibili dello spessore dell'elemento "t" (dalla mappa riportata nella pagina seguente si ricava una temperatura minima pari a -15°C, si assume, a favore di sicurezza, una temperatura T_{md} pari a -20° e profili finiti a caldo):

S235 JR: t ≤ 35 mm

S275 JR: t ≤ 30 mm

S355 JR: t ≤ 20 mm

S235 J0: t ≤ 50 mm

S275 J0: t ≤ 45 mm

S355 J0: t ≤ 35 mm

S235 J2: t ≤ 75 mm

S275 J2: t ≤ 65 mm

S355 J2: t ≤ 50 mm

Di seguito si riporta il calcolo della temperatura T_{md} (la più bassa temperatura avente un periodo di ritorno specificato, vedi UNI EN 1991-1-5 – Appendice 05-11-2009):



Prescrizioni strutture in acciaio

Tutte le strutture in acciaio saranno dotate di zincatura a caldo.

Le saldature a completa penetrazione devono osservare le prescrizioni delle norme UNI EN ISO 4063:2001 e UNI EN ISO 15614 1:2005 e quelle a cordone d'angolo devono essere sempre continue eseguite con due o più passate a seconda dello spessore di gola pari a 0.7 volte lo spessore del più sottile elemento collegato dalla saldatura ove non specificatamente indicato.

Il diametro del foro delle lamiere bullonate deve essere uguale a:

- Diametro nominale del bullone $< \varnothing 20$: $\varnothing + 1$ mm
- Diametro nominale del bullone $\geq \varnothing 20$: $\varnothing + 1.5$ mm

2.4.2. BULLONERIA

Le unioni bullonate sono realizzate con bulloni rispondenti alle indicazioni contenute nel D.M. 17.01.2018 e nelle norme europee UNI EN ISO 4016:2002, UNI 5592:1968 e UNI EN ISO 898-1:2001. Si utilizzeranno:

- Bulloni di classe 8.8 e barre filettate di classe 8.8 (UNI EN ISO 898-1)
- Dadi classe 8 (UNI EN 20898-2)
- Tensione di snervamento f_{yb} : 649 N/mm²
- Tensione di rottura f_{tb} : 800 N/mm²

2.5. STRUTTURE DI COPERTURA

2.5.1. PANNELLI SANDWICH

Per la realizzazione della copertura si utilizzano, relativamente alle porzioni opache, pannelli tipo sandwich da copertura realizzati con pannelli bilamiera a 5 greche autoportanti (secondo UNI EN 14509) con anima isolante in schiuma poliuretana.

Per quanto concerne il rivestimento metallico esterno il medesimo sarà realizzato in acciaio zincato per immersione a caldo in continuo sistema SENDZIMIR (UNI EN 10346) e preverniciato.

Isolamento:

Realizzato con schiuma poliuretana rigida, avente le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

- Resistenza alla compressione 0,11 MPa (al 10% di deformazione)
- Resistenza a trazione 0,10 MPa
- Resistenza al taglio 0,10 MPa
- Coefficiente di conducibilità termica $\lambda = 0,022 \text{ W/mK}$
- Anigroscopico in quanto a celle chiuse per oltre il 95%
- Temperatura di esercizio: minima - 40 °C - massima + 80 °C
- Agente espandente: N-Pentano in accordo al protocollo di Montreal

Coefficiente di trasmittanza termica U*:

Spessore pannello (mm)	30	40	50	60	80	100	120	150
U [W/m²K]	0,71	0,54	0,44	0,37	0,28	0,22	0,19	0,15

Coefficiente di resistenza termica R:

Spessore pannello (mm)	30	40	50	60	80	100	120	150
R [m²K/W]	1,41	1,85	2,27	2,70	3,57	4,55	5,26	6,67

Peso dei pannelli:

Spessore lamiera (mm)		Spessore nominale del pannello (mm)							
		30	40	50	60	80	100	120	150
0,4/0,4	kg/m ²	8,3	8,7	9,1	9,2	10,4	11,1	11,9	13,1
0,5/0,5	kg/m ²	10,1	10,5	10,9	11,4	12,1	12,9	13,7	14,9
0,6/0,6	kg/m ²	11,9	12,2	12,7	13,1	13,9	14,7	15,5	16,7
0,6/0,6 Alluminio	kg/m ²	5,1	5,5	5,9	6,3	7,1	7,9	8,7	9,9

Coefficiente di dilatazione termica:

Materiale	Coefficiente di dilatazione termica (°C ⁻¹)
Alluminio	23,6 x 10 ⁻⁶
Acciaio	12,0 x 10 ⁻⁶
Acciaio inox AISI 304	17,0 x 10 ⁻⁶
Lamina di vetroresina	3,20 x 10 ⁻⁵

Intervallo di temperature:

Tipo di rivestimento		Temperatura superficiale (°C)	
		Min.	Max.
Isolato	Chiaro	-20	+60
	Scuro	-20	+80

Dove con "isolato" si intende la presenza di uno strato isolante interposto tra la lamiera esterna e la struttura;
con "chiaro o scuro" si intende il colore superficiale della lamiera.

Elementi di fissaggio:

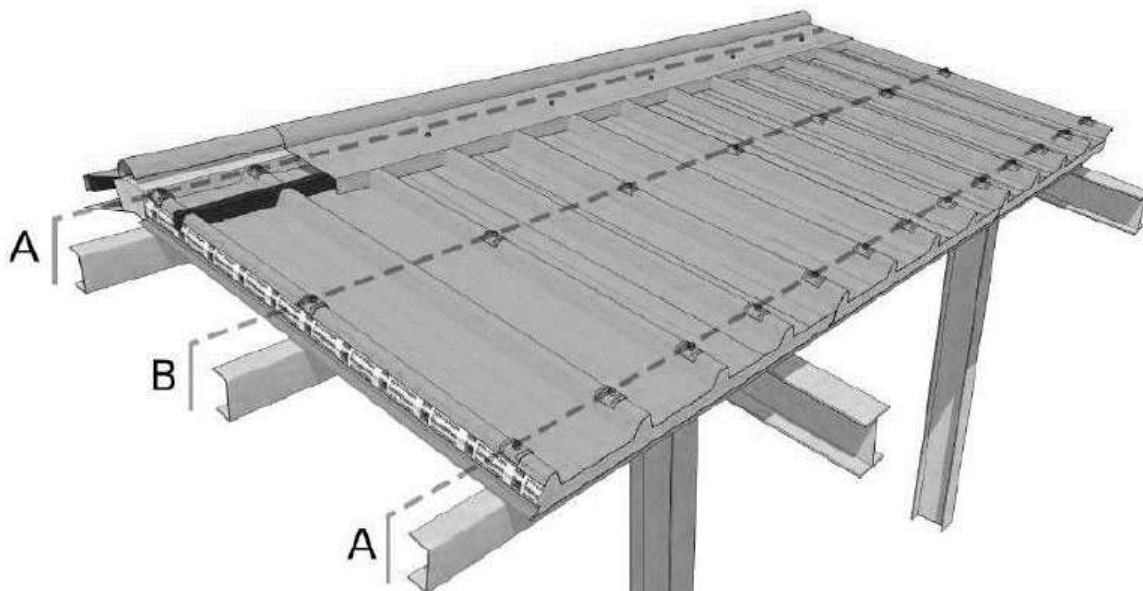
Scopo dei fissaggi è di ancorare efficacemente l'elemento pannello alla struttura portante.

Gli elementi di fissaggio dovranno essere realizzati in acciai inossidabili tipo austenitici. Si dovranno utilizzare fissaggi con viti di adeguata lunghezza (in funzione dello spessore e della tipologia di supporto, nel caso in esame costituita da profili tubolari cavi in acciaio). Nel montaggio dei pannelli di copertura è obbligatorio l'uso del cappello:



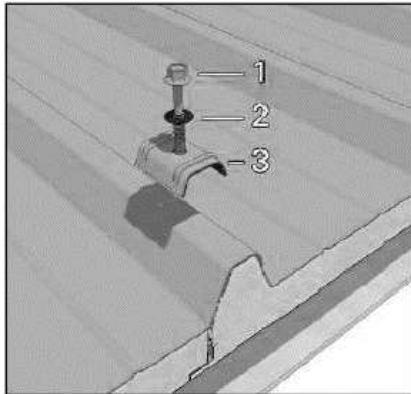
I pannelli devono essere posti in opera con direzione di posa contraria a quella relativa ai venti dominanti, controllando frequentemente il loro parallelismo e allineamento. I fori devono avere un diametro inferiore a quello dei dispositivi di fissaggio. La densità normale di fissaggio è quella che prevede uno su greche alterne sui travetti centrali e uno su ogni greca sui travetti terminali.

Si veda lo schema di posa riportato di seguito:



A: travetti terminali

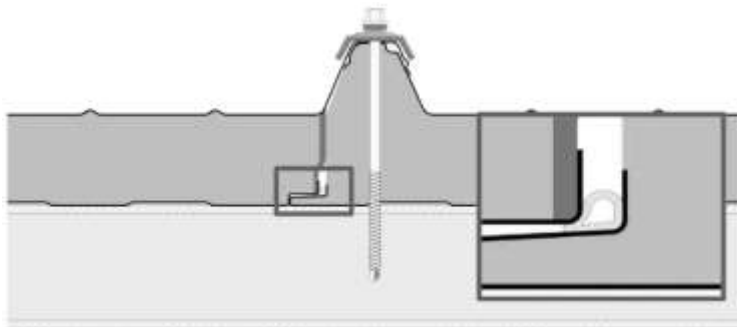
B: travetti centrali



- 1: vite
- 2: rondella
- 3: cappello con guarnizione

Ulteriori prescrizioni:

- Pannelli bilamiera con giunto dotato di una guarnizione continua di tenuta, inserita in fase di produzione. La sagomatura del giunto è necessaria per impedire infiltrazioni e per cercare di evitare fenomeni di condensa prevedere l’inserimento di una guarnizione in grado di aumentare la tenuta all’aria del giunto (come indicato nella figura di seguito) da installarsi direttamente in cantiere durante la posa dei pannelli.

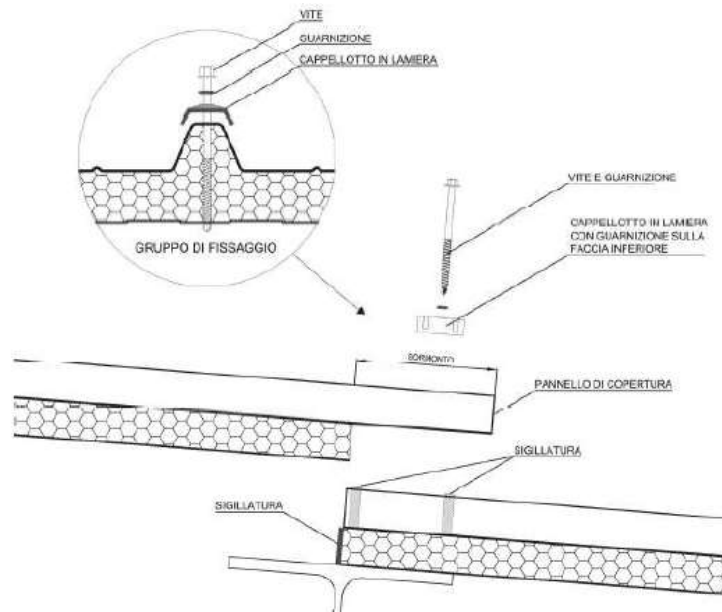


- Permeabilità all’acqua: la resistenza di un montaggio di pannelli sandwich alla pioggia sferzante sotto aria a pressione deve essere sottoposta a prova secondo la EN 12865. Il pannello dovrà essere classificato almeno classe B secondo la EN 14509 per la permeabilità all’acqua.
- In condizioni climatiche normali i valori di sovrapposizione generalmente adottati sono:

Pendenza (%)	Sovrapposizione sormonto (mm)
$7 < P \leq 10$	250
$10 < P \leq 15$	200
$P > 15$	150

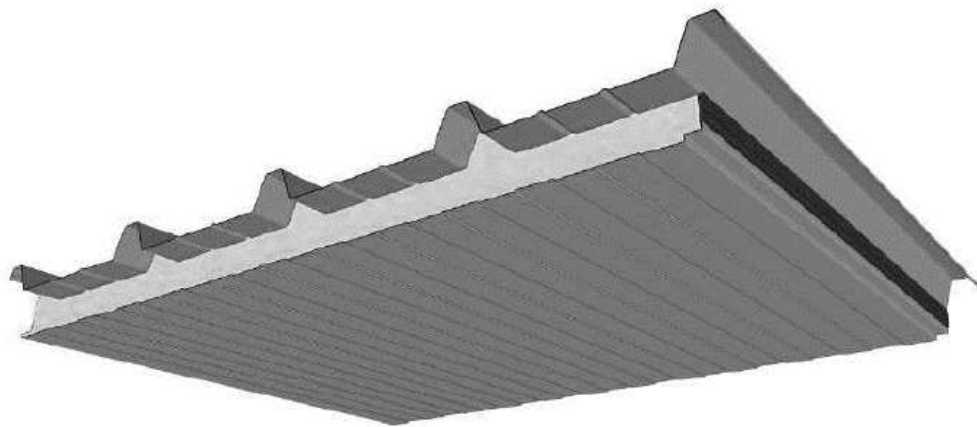
Prescrizioni generali per il corretto accoppiamento dei pannelli sandwich prefabbricati da porre in opera:

- Giunzione di testa:

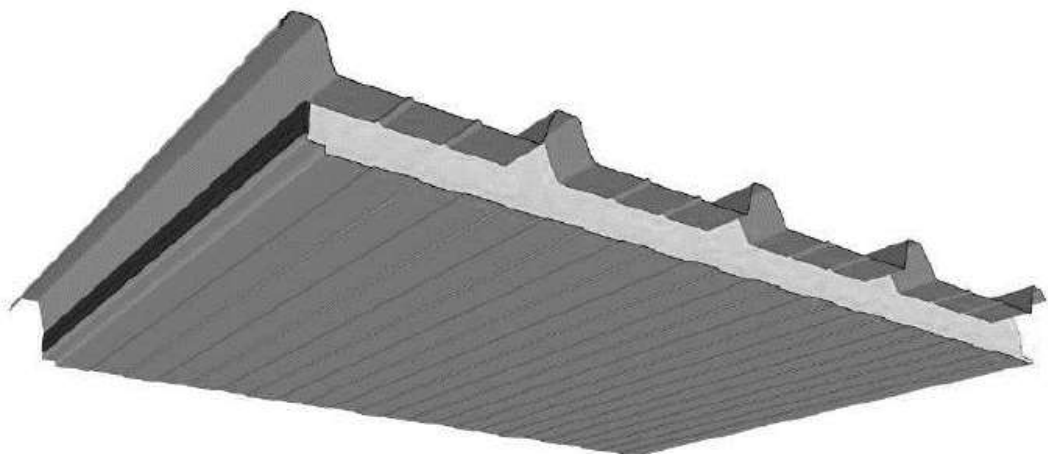


- Sormonti laterali (in caso di non perfetta aderenza dei pannelli tra le greche provvedere all'applicazione di viti di cucitura):

Sormonto destro



Sormonto sinistro

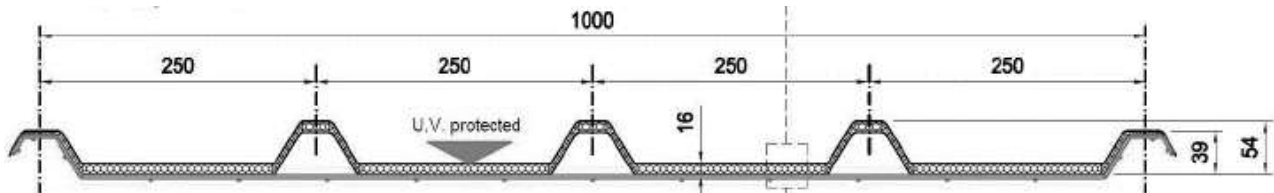


2.5.2. LASTRE IN POLICARBONATO ALVEOLARE

Per la realizzazione della copertura si utilizzano, relativamente alle porzioni trasparenti, lastre grecate in polycarbonato alveolare estruso di spessore 16mm, con struttura ad alveolo a nido d'ape, completa di rete anticaduta interna preassemblata e cappello continuo su greche laterali.

Le lastre dovranno avere almeno capacità autoestinguente di Euroclasse B s1 d0.

Tipologia di lastra grecata in polycarbonato con rete anticaduta preassemblata:

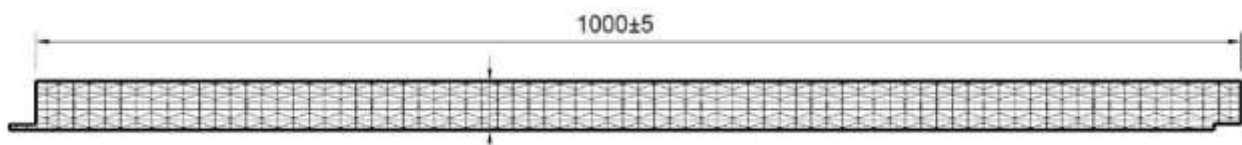


Le lastre dovranno essere dotate almeno delle seguenti caratteristiche:

Colore		<i>Neutro con finitura satinata o Opalino</i>		
Chiusura alle estremità		<i>Termosaldata alveolo</i>		
Struttura alveolo		<i>A nido d'ape</i>		
Protezione U.V.		<i>protetto UV sul lato esterno</i>		
Classificazione Fuoco		<i>B s1 d0</i>		
Tempertura d'impiego	°C	<i>-40° / + 130°</i>		
Dilatazione Termica Lineare	mm/mm°C	<i>6,7 x10⁻⁵</i>		
Resistenza agenti chimici ed uso e manutenzione		<i>Vedi specifiche catalogo</i>		
Isolamento Termico	W/m²K	<i>U= 2,70</i>	<i>U= 2,50</i>	<i>U=1,99</i>
Trasmissione luminosa NEUTRO	%	<i>59±2</i>	<i>58±2</i>	<i>57±2</i>
 OPALE	%	<i>41±2</i>	<i>40±2</i>	<i>37±2</i>
Fattore solare NEUTRO	%	<i>65±2</i>	<i>64±2</i>	<i>63±2</i>
 OPALE	%	<i>49±2</i>	<i>48±2</i>	<i>44±2</i>
Shading coefficient NEUTRO		<i>0,75±0,02</i>	<i>0,74±0,02</i>	<i>0,73±0,02</i>
 OPALE		<i>0,57±0,02</i>	<i>0,56±0,02</i>	<i>0,51±0,02</i>

Al fine di una lettura continua del plafone di copertura dall'interno della tettoia, è prevista l'ulteriore posa di lastra modulari ad incastro, anch'esse in polycarbonato alveolare estruso con struttura alveolo a doppia X ed anch'esse con capacità autoestinguente di Euroclasse B s1 d0.

Tipologia di lastra modulare interna in polycarbonato:



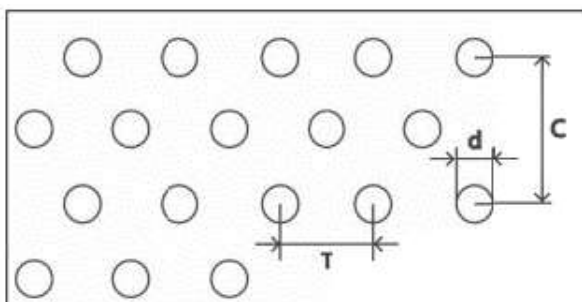
Le lastre dovranno essere dotate almeno delle seguenti caratteristiche:

Colore			Neutro con finitura satinata o Opalino	
Chiusura alle estremità			Nastratura con nastro alluminio	
Struttura alveolo			10 pareti a "doppia X"	
Protezione U.V.			Normale non protetto	
Classificazione Fuoco			B s1 d0	
Tempertura d'impiego	°C		-40° / + 130°	
Dilatazione Termica Lineare	mm/mm°C		6,7 x 10 ⁻⁵	
Resistenza agenti chimici ed uso e manutenzione			Vedi specifiche catalogo	
Isolamento Termico	W/m²K		U= 1,30	U= 1,00
Trasmissione luminosa	NEUTRO	%	58±2	49±2
	OPALE	%	40±2	38±2
Fattore Solare	NEUTRO	%	55±2	49±2
	OPALE	%	39±2	37±2
Shading coefficient	NEUTRO		0,64±0,02	0,57±0,02
	OPALE		0,45±0,02	0,42±0,02

2.6. STRUTTURE DI RIVESTIMENTO

2.6.1. LAMIERA MICROFORATA

Lamiere forate a foro tondo in acciaio al carbonio (FE360) zincato.



DETTAGLI TECNICI

DISPOSIZIONE ALTERNATA A 60°

d = diametro foro

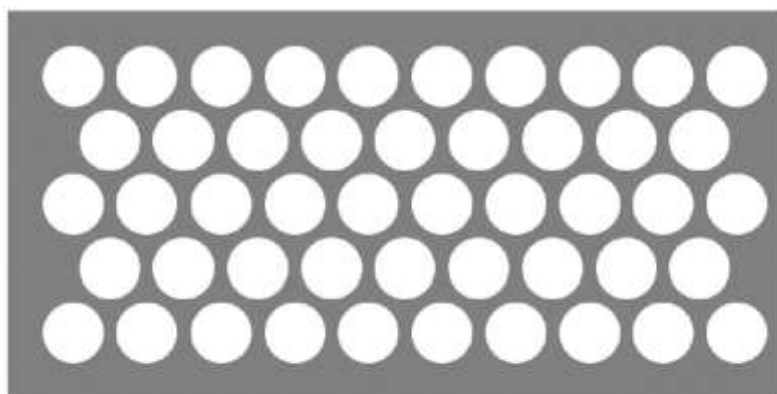
T = passo

c = distanza laterale = T x 1,73

% vuoto su pieno = $90,7 \times d^2 / T^2$

Numero fori per dm² = $1,15 \times 10.000 / T^2$

Tipologia di lamiera di chiusura da applicare alle pareti Nord e Sud della tettoia a fini di rivestimento e di impedimento alla scalabilità:



Dettagli Lavorazione		Calcolo Vuoto su Pieno	
Diametro :	15 mm	% VSP :	63 %
Passo :	18 mm	N. fori per dm ² :	36
Spessore :	2 mm		
Materiale :	Ferro	Peso Lamiera forata	
Larghezza Lamiera :	1000 mm	Peso :	11,84 Kg
Lunghezza Lamiera :	2000 mm		