



Antonio Cardarelli
AZIENDA OSPEDALIERA DI RILIEVO NAZIONALE



OGGETTO

ACCORDO QUADRO PER SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA

Interventi sul Padiglione D di raffrescamento da fonte rinnovabile
e di riduzione dei consumi elettrici con lampade ad alta efficienza

PROGETTO DEFINITIVO

ACCORDO QUADRO PER SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
EX. ART.54 c.3 D.LGS. 50/2016
CONTRATTO STIPULATO IN DATA 08 AGOSTO 2019 - CIG:7629583311
IL R.U.P.: Ing. Gaetano MIRTO

ORDINE DI PRESTAZIONE N.

9

Data emissione OdP: 07/10/2019

R.T.P.

MANDATARIA:



Consorzio Stabile Mythos S.c.ar.l.
Via Trottechien 61, 11100 Aosta
mythos.ao@mythos.pro

MANDANTI:

corvino+multari

Corvino+Multari S.R.L.
Via Ponti Rossi, 117 -
80141 Napoli



Arethusa S.R.L.
Via G. Rossini, 14 -
80026 Casoria (NA)



G.M.N. Engineering S.R.L.
Servizi di Ingegneria e Geologia
viale Kennedy, 5 - 80125 - Napoli

Arch. Carlotta Cocco
LEED AP BD+C, ID+C,
BREEAM Assessor

IL COORDINATORE DEL R.T.P. E
RESPONSABILE INTEGRAZIONE
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Ing. Fabio Izzani



IL DIRETTORE TECNICO
Ing. Cesare Ferone
Arethusa S.R.L.



DISCIPLINA:

STRUTTURE

TITOLO ELABORATO:

Nuova struttura di sostegno pannelli
Calcolo preliminare delle strutture

NUMERO ELABORATO:

TW1913.PD.2002.D.PNN.ST.R.00

DATA DI CONSEGNA:

12/03/2020

REV. N.	DATA REV.	OGGETTO
0	12.03.2020	EMISSIONE PER APPROVAZIONE

NOME FILE:

TW1913.PD.2002.D.PNN.ST.R.00.dwg

FORMATO ELABORATO:

A4

SCALA ELABORATO:

/



Sommario

1	PREMESSA E NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
2	METODOLOGIA DI CALCOLO.....	1
2.1	CODICE DI CALCOLO, SOLUTORE E AFFIDABILITÀ DEI RISULTATI	1
2.2	VALUTAZIONE DEI RISULTATI E GIUDIZIO MOTIVATO SULLA LORO ACCETTABILITÀ	2
2.3	PRESTAZIONI ATTESE AL COLLAUDO.....	2
2.4	MODALITÀ DI PRESENTAZIONE DEI RISULTATI	3
2.5	INFORMAZIONI GENERALI SULL'ELABORAZIONE.....	3
2.6	METODOLOGIA DI CALCOLO	4
3	QUALITÀ E DOSATURE DEI MATERIALI	7
4	SCHEMA DI CALCOLO E RIEPILOGO DEI CARICHI STRUTTURA SOSTEGNO PANNELLI	8
5	ANALISI DEI CARICHI	9
5.1	PESO PROPRIO.....	9
5.2	CARICHI FISSI E PERMANENTI.....	9
5.3	CARICHI ACCIDENTALI	9
6	CARICO DA NEVE	9
7	CARICO DA VENTO	10
8	AZIONE SISMICA	11
9	RISULTATI DEL CALCOLO STRUTTURA SOSTEGNO PANNELLI	12



1 Premessa e normativa di riferimento

La presente relazione ha lo scopo di descrivere i calcoli di dimensionamento delle strutture nell' "Accordo quadro per servizi di ingegneria e architettura ai sensi dell'art. 54 del D.Lgs 50/2016 e s.m.i. - Rif. delibera C.S. n. 397 del 14.04.19".

Nello specifico la struttura oggetto della presente è la Struttura di sostegno dei pannelli fotovoltaici.

La progettazione in oggetto è stata effettuata in conformità alle disposizioni della normativa vigente ed in particolare:

- **Legge 5 Novembre 1971 n.1086**
Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica;
- **D.M. LL. PP. 14 Febbraio 1992**
Norme tecniche per il calcolo, l'esecuzione ed il collaudo delle strutture in cemento armato, normale e precompresso e per le strutture metalliche;
- **Legge 2 Febbraio 1974 n.64**
Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- **Ordinanza del presidente del consiglio dei ministri 20-3-2003 n. 3274 modificata dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 2/10/2003 e dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 3/5/2005.**
Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.
- **D.M. 17 GENNAIO 2018**
Nuove norme tecniche per le costruzioni.
- **Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici n. 7 del 21.01.2019**
Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 17 GENNAIO 2018.

2 Metodologia di calcolo

Per il **calcolo statico** in oggetto si utilizza il programma di calcolo CDS-WIN i cui risultati sono riportati in allegato alla presente.

SOFTWARE UTILIZZATO: CDSWin versione CDS full 2019 prodotto dalla:

S.T.S. s.r.l. Software Tecnico Scientifico S.r.l.

Via Tre Torri n°11 – Compl. Tre Torri

95030 Sant'Agata li Battiati (CT).

2.1 Codice di calcolo, solutore e affidabilità dei risultati

Come previsto al punto **10.2 delle norme tecniche di cui al D.M. 17.01.2018** l'affidabilità del codice utilizzato è stata verificata sia effettuando il raffronto tra casi prova di cui si conoscono i risultati esatti sia esaminando le indicazioni, la documentazione ed i test forniti dal produttore stesso.

Calcolo preliminare delle strutture	PROGETTO DEFINITIVO	1
-------------------------------------	---------------------	---

Mandataria:



Mandanti:

Corvino+Multari S.R.L.
Via Ponti Rossi, 117 - 80141 Napoli

Arethusa S.R.L.
Via G. Rossini, 14 - 80026 Casoria (NA)

G.M.N. Engineering S.R.L.
via Flaminia, 334 - 00196 - Roma

Arch. Carlotta Cocco
LEED AP BD+C, ID+C,
BREEAM Assessor



La validazione del codice di calcolo costituita dai test sui casi prova è fornita dalla S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti.

La S.T.S. s.r.l. a riprova dell'affidabilità dei risultati ottenuti fornisce direttamente on-line i test sui casi prova:

(<http://www.stsweb.it/STSWeb/ITA/homepage.htm>).

Il software è inoltre dotato di filtri e controlli di autodiagnostica che agiscono a vari livelli sia della definizione del modello che del calcolo vero e proprio.

I controlli vengono visualizzati, sotto forma di tabulati, di videate a colori o finestre di messaggi.

In particolare il software è dotato dei seguenti filtri e controlli:

- Filtri per la congruenza geometrica del modello di calcolo generato
- Controlli a priori sulla presenza di elementi non connessi, interferenze, mesh non congruenti o non adeguate.
- Filtri sulla precisione numerica ottenuta, controlli su eventuali mal condizionamenti delle matrici, verifica dell'indice di condizionamento.
- Controlli sulla verifiche sezionali e sui limiti dimensionali per i vari elementi strutturali in funzione della normativa utilizzata.
- Controlli e verifiche sugli esecutivi prodotti.

2.2 Valutazione dei risultati e giudizio motivato sulla loro accettabilità

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare la coerenza geometrica e le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

Si è inoltre controllato che le reazioni vincolari diano valori in equilibrio con i carichi applicati, in particolare per i valori dei taglianti di base delle azioni sismiche si è provveduto a confrontarli con valori ottenuti da modelli SDOF semplificati.

Le sollecitazioni ottenute sulle travi per i carichi verticali direttamente agenti sono stati confrontati con semplici schemi a trave continua.

Per gli elementi inflessi di tipo bidimensionale si è provveduto a confrontare i valori ottenuti dall'analisi FEM con i valori di momento flettente ottenuti con gli schemi semplificati della Tecnica delle Costruzioni.

Si è inoltre verificato che tutte le funzioni di controllo ed autodiagnostica del software abbiano dato esito positivo.

2.3 Prestazioni attese al collaudo

La struttura a collaudo dovrà essere conforme alle tolleranze dimensionali prescritte nella presente relazione, inoltre relativamente alle prestazioni attese esse dovranno essere quelle di cui al § 9 del D.M. 17.01.2018.

Calcolo preliminare delle strutture

PROGETTO DEFINITIVO

2

Mandataria:



Mandanti:

Corvino+Multari S.R.L.
Via Ponti Rossi, 117 - 80141 Napoli

Arethusa S.R.L.
Via G. Rossini, 14 - 80026 Casoria (NA)

G.M.N. Engineering S.R.L.
via Flaminia, 334 - 00196 - Roma

Arch. Carlotta Cocco
LEED AP BD+C, ID+C,
BREEAM Assessor



Ai fini della verifica delle prestazioni il collaudatore farà riferimento ai valori di tensioni, deformazioni e spostamenti desumibili dall'allegato fascicolo dei calcoli statici per il valore delle le azioni pari a quelle di esercizio.

2.4 Modalità di presentazione dei risultati

Nella relazione di calcolo sono riportati alcuni diagrammi delle caratteristiche della sollecitazione (momento, taglio, ecc.) che descrivono il comportamento strutturale della costruzione in oggetto.

Inoltre, al paragrafo dell'allegato STAMPA PROGETTO

S.L.U. - AZIONI S.L.V. -VERIFICA PIASTRE - QUOTA: ... ELEMENTO: ...

S.L.E. - VERIFICA PIASTRE - QUOTA: ... ELEMENTO: ...

S.L.U. - AZIONI S.L.V. -VERIFICA SHELLS - QUOTA: ... ELEMENTO: ...

S.L.E. - VERIFICA SHELLS - QUOTA: ... ELEMENTO: ...

vengono riportate in forma numerica le verifiche per ognuna delle pareti e delle piastre dalle quali si evincono i risultati del calcolo eseguito.

2.5 Informazioni generali sull'elaborazione

Le analisi e le verifiche sono state condotte con il metodo degli stati limite (SLU ed SLE) utilizzando i coefficienti parziali della normativa di cui al DM 17.01.2018 come in dettaglio specificato nei tabulati di calcolo.

L'analisi delle sollecitazioni è stata effettuata in campo elastico lineare, per l'analisi sismica si è effettuata una analisi statica lineare.

La struttura è stata modellata con il metodo degli elementi finiti utilizzando vari elementi di libreria specializzati per schematizzare i vari elementi strutturali.

In particolare le travi ed i pilastri sono schematizzati con elementi trave a due nodi deformabili assialmente, a flessione e taglio utilizzando funzioni di forma cubiche di Hermite.

Tale modello finito ha la caratteristica di fornire la soluzione esatta in campo elastico lineare per cui non necessita di ulteriori suddivisioni interne degli elementi strutturali.

Per gli elementi strutturali bidimensionali quali pareti a taglio, setti, nuclei irrigidenti, piastre o superfici generiche viene utilizzato un modello finito a 3 o 4 nodi di tipo **shell** che modella sia il comportamento membranale (lastra) che flessionale (piastra).

Tale elemento finito di tipo isoparametrico viene modellato con funzioni di forma di tipo polinomiale che rappresentano una soluzione congruente ma non esatta nello spirito del metodo FEM.

Per questo tipo di elementi finiti la precisione dei risultati ottenuti dipenderà quindi dalla forma e densità della MESH, si ricorda che il calcolo agli elementi finiti è per sua natura un calcolo approssimato.

Il metodo è efficiente per il calcolo degli spostamenti nodali ed è sempre rispettoso dell'equilibrio a livello nodale con le azioni esterne.

La precisione nel calcolo delle tensioni è inferiore a quella ottenuta nel calcolo degli spostamenti, inoltre è fortemente dipendente dalla mesh.

Le verifiche saranno effettuate sia direttamente sullo stato tensionale ottenuto, per le azioni di tipo statico e di esercizio, mentre per le azioni dovute al sisma ed in genere per le azioni che provocano elevata domanda di deformazione anelastica, sulle risultanti (forze e momenti) agenti globalmente su una sezione dell'oggetto strutturale (muro a taglio, trave accoppiamento, etc..).



Nel modello vengono tenuti in conto i disassamenti tra i vari elementi strutturali schematizzandoli come vincoli cinematici rigidi.

La presenza di eventuali orizzontamenti sono tenuti in conto o con vincoli cinematici rigidi o modellando la soletta con elementi SHELL.

L'analisi delle sollecitazioni viene condotta in fase elastica lineare tenendo conto eventualmente degli effetti del secondo ordine.

Le sollecitazioni derivanti dalle azioni sismiche possono essere ottenute sia da analisi statiche equivalenti che da analisi dinamiche modali.

I vincoli tra i vari elementi strutturali e con il terreno sono modellati in maniera congruente al reale comportamento strutturale.

Il software utilizzato permette di modellare analiticamente il comportamento fisico della struttura utilizzando la libreria disponibile di elementi finiti.

Le funzioni di visualizzazione ed interrogazione sul modello permettono di controllare sia la coerenza geometrica che le azioni applicate rispetto alla realtà fisica.

Inoltre la visualizzazione ed interrogazione dei risultati ottenuti dall'analisi quali sollecitazioni, tensioni, deformazioni, spostamenti, reazioni vincolari hanno permesso un immediato controllo con i risultati ottenuti mediante schemi semplificati di cui è nota la soluzione in forma chiusa nell'ambito della Scienza delle Costruzioni.

2.6 Metodologia di calcolo

Per il calcolo statico delle **strutture in oggetto** si è utilizzato il programma di calcolo **CDS-WIN** i cui risultati sono riportati in allegato alla presente.

I metodi di calcolo adottati per il calcolo sono i seguenti:

- 1) Per i carichi statici: *METODO DELLE DEFORMAZIONI*;
- 2) Per i carichi sismici: metodo dell'*ANALISI SISMICA STATICA NODALE*.

Per lo svolgimento del calcolo si è accettata l'ipotesi che, in corrispondenza dei piani sismici, i solai siano infinitamente rigidi nel loro piano e che le masse ai fini del calcolo delle forze di piano siano concentrate alle loro quote.

CALCOLO SPOSTAMENTI E CARATTERISTICHE

Il calcolo degli spostamenti e delle caratteristiche viene effettuato con il metodo degli elementi finiti (**F.E.M.**).

Possono essere inseriti due tipi di elementi:

- 1) Elemento monodimensionale asta (*beam*) che unisce due nodi aventi ciascuno 6 gradi di libertà. Per maggiore precisione di calcolo, viene tenuta in conto anche la deformabilità a taglio e quella assiale di questi elementi. Queste aste, inoltre, non sono considerate flessibili da nodo a nodo ma hanno sulla parte iniziale e finale due tratti infinitamente rigidi formati dalla parte di trave inglobata nello spessore del pilastro; questi tratti rigidi forniscono al nodo una dimensione reale.
- 2) L'elemento bidimensionale shell (*quad*) che unisce quattro nodi nello spazio. Il suo comportamento è duplice, funziona da lastra per i carichi agenti sul suo piano, da piastra per i carichi ortogonali.



Assemblate tutte le matrici di rigidezza degli elementi in quella della struttura spaziale, la risoluzione del sistema viene perseguita tramite il *metodo di Cholesky*.

Ai fini della risoluzione della struttura, gli spostamenti X e Y e le rotazioni attorno l'asse verticale Z di tutti i nodi che giacciono su di un impalcato dichiarato rigido sono mutuamente vincolati.

• **ANALISI SISMICA STATICA NODALE**

Questa procedura è un'estensione dell'analisi sismica statica, in cui però le masse, piuttosto che essere collocate sui piani sismici, sono concentrate su tutti i nodi della struttura e le relative forze orizzontali risultano così applicate alla struttura in modo più diffuso, nodo per nodo. Ciò comporta il vantaggio di potere effettuare un'analisi sismica corretta anche in assenza di impalcato rigidi (tralicci, strutture senza solai rigidi o controventi di piano), e con la migliore approssimazione dovuta alla distribuzione delle azioni più aderente alla realtà. Anche in questo caso, come per l'analisi statica per piani, le forze sono ottenute ipotizzando una distribuzione di tipo triangolare, ottenuta tramite dei coefficienti moltiplicativi che crescono con l'altezza del nodo. Con questo tipo di analisi non è però più possibile tenere conto del torcente di piano aggiuntivo. Tale modalità di calcolo è generalmente indicata per strutture in acciaio, solitamente prive di qualunque piano che possa essere considerato rigido, da realizzarsi in zona sismica.

• **VERIFICHE**

Le verifiche, svolte secondo il metodo degli stati limite ultimi e di esercizio, si ottengono inviluppando tutte le condizioni di carico prese in considerazione.

In fase di verifica è stato differenziato l'elemento trave dall'elemento pilastro. Nell'elemento trave le armature sono disposte in modo asimmetrico, mentre nei pilastri sono sempre disposte simmetricamente.

Per l'elemento trave, l'armatura si determina suddividendola in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante, valutando per tali conci le massime aree di armatura superiore ed inferiore richieste in base ai momenti massimi riscontrati nelle varie combinazioni di carico esaminate.

Anche l'elemento pilastro viene scomposto in cinque conci in cui l'armatura si mantiene costante. Vengono però riportate le armature massime richieste nella metà superiore (testa) e inferiore (piede). La fondazione su travi rovesce è risolta contemporaneamente alla sovrastruttura tenendo in conto sia la rigidezza flettente che quella torcente, utilizzando per l'analisi agli elementi finiti l'elemento asta su suolo elastico alla *Winkler*.

Le travate possono incrociarsi con angoli qualsiasi e avere dei disassamenti rispetto ai pilastri su cui si appoggiano.

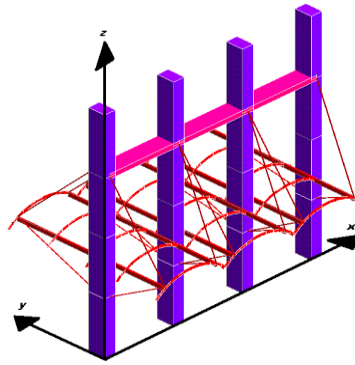
La ripartizione dei carichi, data la natura matriciale del calcolo, tiene automaticamente conto della rigidezza relativa delle varie travate convergenti su ogni nodo.

Le verifiche per gli elementi bidimensionali (setti) vengono effettuate sovrapponendo lo stato tensionale del comportamento a lastra e di quello a piastra. Vengono calcolate le armature delle due facce dell'elemento bidimensionale disponendo i ferri in due direzioni ortogonali.

• **SISTEMI DI RIFERIMENTO**

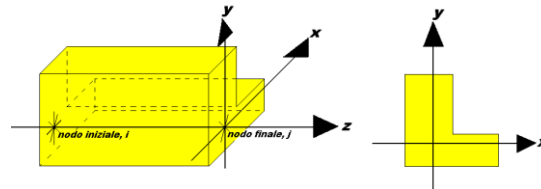
1) *SISTEMA GLOBALE DELLA STRUTTURA SPAZIALE*

Il sistema di riferimento globale è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali (O-XYZ) dove l'asse Z rappresenta l'asse verticale rivolto verso l'alto. Le rotazioni sono considerate positive se concordi con gli assi vettori:



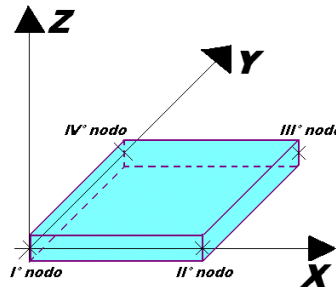
2) SISTEMA LOCALE DELLE ASTE

Il sistema di riferimento locale delle aste, inclinate o meno, è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse Z coincidente con l'asse longitudinale dell'asta ed orientamento dal nodo iniziale al nodo finale, gli assi X ed Y sono orientati come nell'archivio delle sezioni:



3) SISTEMA LOCALE DELL'ELEMENTO SHELL

Il sistema di riferimento locale dell'elemento shell è costituito da una terna destra di assi cartesiani ortogonali che ha l'asse X coincidente con la direzione fra il primo ed il secondo nodo di input, l'asse Y giacente nel piano dello shell e l'asse Z in direzione dello spessore:



• UNITÀ DI MISURA

Si adottano le seguenti unità di misura:

[lunghezze]	= m
[forze]	= kgf / daN
[tempo]	= sec
[temperatura]	= °C

• CONVENZIONI SUI SEGNI

I carichi agenti sono:

- 1) Carichi e momenti distribuiti lungo gli assi coordinati;
- 2) Forze e coppie nodali concentrate sui nodi.

Le forze distribuite sono da ritenersi positive se concordi con il sistema di riferimento locale dell'asta, quelle concentrate sono positive se concordi con il sistema di riferimento globale.

I gradi di libertà nodali sono gli omologhi agli enti forza, e quindi sono definiti positivi se concordi a questi ultimi.



3 Qualità e dosature dei materiali

L'acciaio da carpenteria utilizzato è del tipo **S275 JR** per la quale si può assumere la seguente tensione caratteristica di snervamento e calcolo:

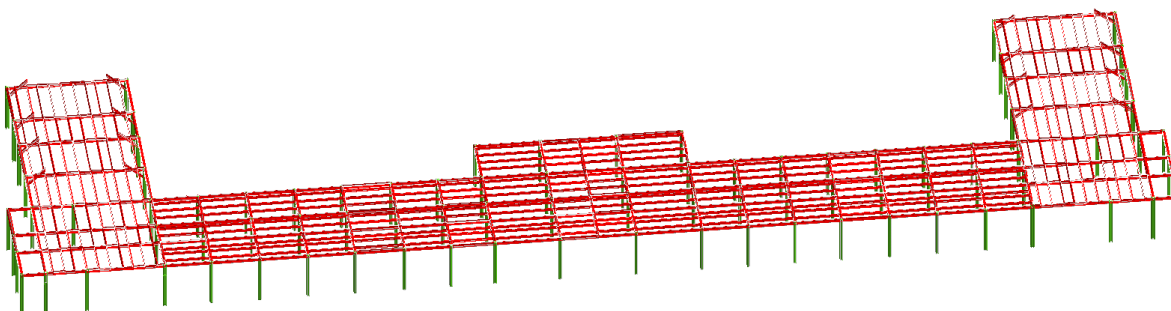
$$f_{y,k} = 2750 \text{ kg/cm}^2 \text{ tensione caratteristica di snervamento}$$

$$f_{sd} = 2750 \text{ kg/cm}^2 \text{ (per spessori min di 40 mm) resistenza di calcolo}$$

I collegamenti verranno realizzati mediante bulloni della classe 8.8 con una tensione caratteristica di snervamento pari a 640 N/mm² e tensione caratteristica di rottura pari a 800 N/mm², serrati con sistema antisvitamento (dado e controdado) con rondelle piane pal-nut e rosette antisvitamento mentre le saldature sono realizzate a filo continuo o ad arco con elettrodi tipo 4B UNI 5132. Non sono ammesse saldature a tratti.



4 Schema di calcolo e riepilogo dei carichi STRUTTURA SOSTEGNO PANNELLI



Si riporta di seguito un Riepilogo dei carichi utilizzati nel prosieguo.

Tipo di carico	
Peso calcestruzzo	2500 kg/m ³
Peso acciaio da carpenteria	7850 kg/m ³
Carico permanente	100 kg/m ²
Carico accidentale	50 kg/m ²
Neve	50 kg/m ²
Vento pilastri	30 kg/ml
Vento travi	80 kg/m ²
Vita nominale	50 anni
Classe d'uso	IV
Longitudine Est	14.22
Latitudine Nord	40.86
Categoria suolo	C
Coefficiente topografia	1.00



5 Analisi dei carichi

5.1 Peso proprio

- peso acciaio = 7850 kg/m³

5.2 Carichi fissi e permanenti

- peso orsogrill = 50 kg/m²
- peso dei pannelli fotovoltaici = 50 kg/m²

5.3 Carichi accidentali

Il carico accidentale variabile in considerazione della destinazione d'uso di ambiente suscettibile di affollamento è stato valutato nella misura di **50 kg/m²** (Cat.H – DM 17/01/18 – Tab. 3.1.II).

6 Carico da neve

Il carico della neve è stato ricavato come previsto dalla normativa vigente e perciò valutata con la seguente espressione:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

in cui:

q_s carico neve sulla copertura
μ_i coefficiente di forma della copertura
q_{sk} valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo
C_E coefficiente di esposizione
C_t coefficiente termico

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura.

La struttura in esame è localizzata ad una quota inferiore ai 1500 m sul livello del mare, pertanto, non risulta necessario fare riferimento a caratteristiche locali del clima, ma si può adoperare la metodologia proposta dalla normativa vigente per un periodo di ritorno di 200 anni.

La zona da prendere a riferimento è la n° 3 per la quale, per quote del suolo sul livello del mare del sito in esame a_s < 200 mt, vale il seguente valore:

$$q_{sk} = 0.60 \quad [\text{kN/m}^2]$$

Il coefficiente di forma si assume pari a quello che la normativa vigente indica per copertura con inclinazione 0° < α < 30° e vale μ_i = 0.8.

Il coefficiente di esposizione C_E deve essere utilizzato per modificare il valore del carico da neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area nella quale sorge l'opera. Nel caso in esame è possibile affermare che siamo in normali condizioni e pertanto è lecito assumere C_E = 1.

Il coefficiente termico può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa



dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Nel caso in esame è possibile assumere $C_t = 1$.

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t = 0.8 \cdot 60 \cdot 1 \cdot 1 = 50 \text{ kg/m}^2$$

7 Carico da vento

La pressione del vento in ottemperanza alle normative vigenti in materia è data dalla seguente espressione:

$$P = q_b \times c_e \times c_p \times c_d$$

dove:

P è la pressione sulla superficie;

q_b è pressione cinetica di riferimento (N/m^2) = $\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$

dove:

v_b è la velocità di riferimento del vento in m/s = 27 m/s

Zona 3 ; Altitudine < 500 m s.l.m.m.

$\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$ è la densità dell'aria

c_e è il coefficiente di esposizione. Nel rispetto della normativa vigente, sono stati assunti validi i seguenti parametri:

classe di rugosità del terreno: **A**

categoria di esposizione del sito: **IV**

$K_r = 0.22$; $Z_o = 0.30 \text{ m}$; $Z_{\min} = 8 \text{ m}$

L'altezza della struttura è pari a 12,30 metri, superiore all'altezza minima, pertanto si ha:

$$c_e = k_r^2 c_t \ln(z/z_o) [7 + c_t \ln(z/z_o)] = 2.28$$

c_p è il coefficiente di forma. Nel rispetto della normativa vigente, sono stati assunti validi i seguenti valori:

c_p = +1.60 (da applicare ai pilastri)

c_p = +0.80 (da applicare alle travi)

c_d è il coefficiente dinamico per il quale è stato assunto il seguente valore:

$$c_d = 1$$

Da quanto detto si ricava che la pressione del vento agente è pari a:

$$P_{\text{vento,travi}} = 45.6 \times 2.28 \times 0.80 \times 1.00 = 83.0 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{vento,pilastri}} = 45.6 \times 2.28 \times 1.60 \times 1.00 = 166.0 \text{ kg/m}^2$$

$$P_{\text{vento,pilastri}} = 166.0 \times 0.20 = 30 \text{ kg/m}$$



8 Azione sismica

L'azione sismica e quindi lo spettro di risposta di progetto è valutata direttamente dal software di calcolo una volta impostati i seguenti parametri:

Analisi sismica

La tipologia scelta per il tipo di struttura è la **statica nodale**.

Vita nominale

La vita nominale V_N è il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel caso in esame è lecito assumere **$V_N = 50$ anni**

Classe d'uso

La classe d'uso tiene conto delle conseguenze legate ad una interruzione di operatività o di un eventuale collasso della costruzione oggetto del calcolo rispetto alle attività della società pubblica. Nel caso in esame è lecito assumere come **classe d'uso** la **II** in quanto si tratta di una semplice struttura di supporto pannelli che in caso di collasso non inficia sulla normale operatività dell'edificio esistente.

Coordinate geografiche

Le coordinate geografiche servono per valutare la zona sismica in oggetto e quindi i parametri che intervengono nel calcolo dello spettro di risposta. Nel caso in esame si ha:

Longitudine Est	14.22
Latitudine Nord	40.86

Categoria suolo

Nella definizione dell'azione sismica di progetto viene considerata l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie. In particolare la vigente normativa identifica cinque diverse categorie del suolo di fondazione denominate con lettere da A ad E.

Nel caso in esame, in accordo con la relazione geologica è lecito assumere: **Categoria C**

Coefficiente topografia

Nel caso in esame l'inclinazione media del pendio può considerarsi inferiore di 15° e pertanto ricade nella **categoria topografica T1** dove corrisponde un coefficiente di topografia ST pari a **1.00**.

Fattore di comportamento della struttura

- Classe di duttilità: **Media**
- Tipologia strutturale: **struttura a telaio**
- Max fattore di struttura **$q_0 = 4.00$**
- Fattore riduttivo **$K_w = 1.0$**
- Fattore riduttivo di regolarità in altezza **$K_r = 0.8$**
- Fattore di struttura **$q = q_0 \times K_w \times K_r = 3.20$**

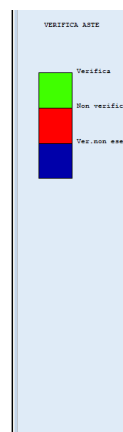
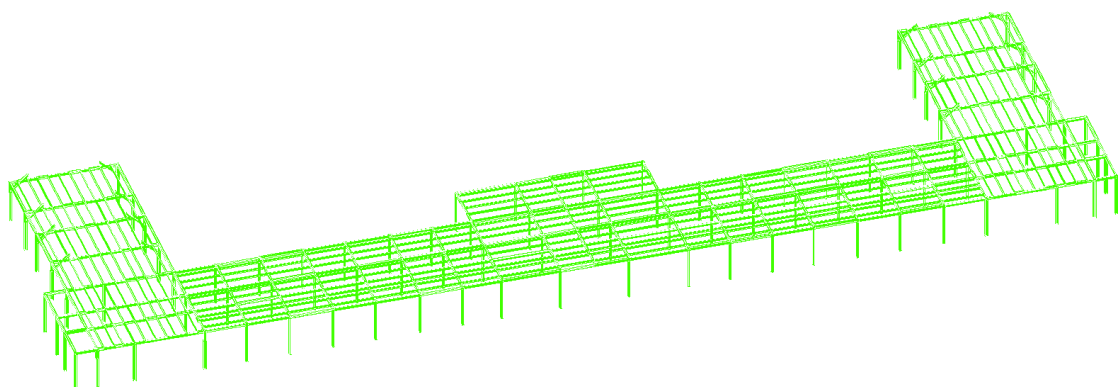


9 Risultati del calcolo STRUTTURA SOSTEGNO PANNELLI

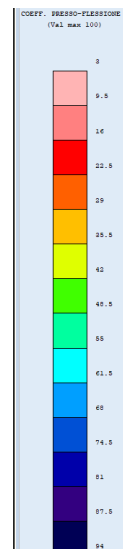
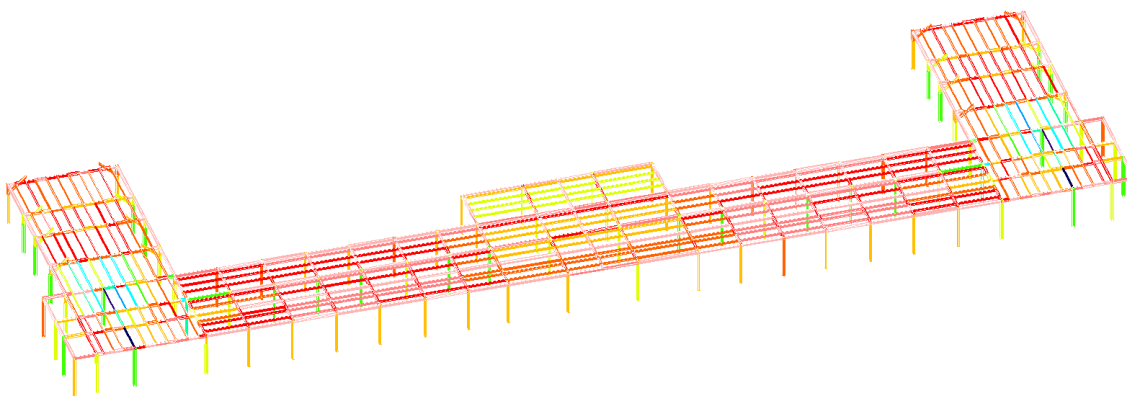
Come specificato nel paragrafo dedicato alla metodologia di calcolo la progettazione della struttura è stata condotta grazie all'ausilio del programma di calcolo **CDS-WIN** e pertanto si rimanda all'allegato apposito per tutti gli approfondimenti riguardo le caratteristiche della sollecitazione.

Dall'analisi di calcolo riportata nei tabulati, si evince che le sezioni costituenti il modello di calcolo della struttura sono verificate.

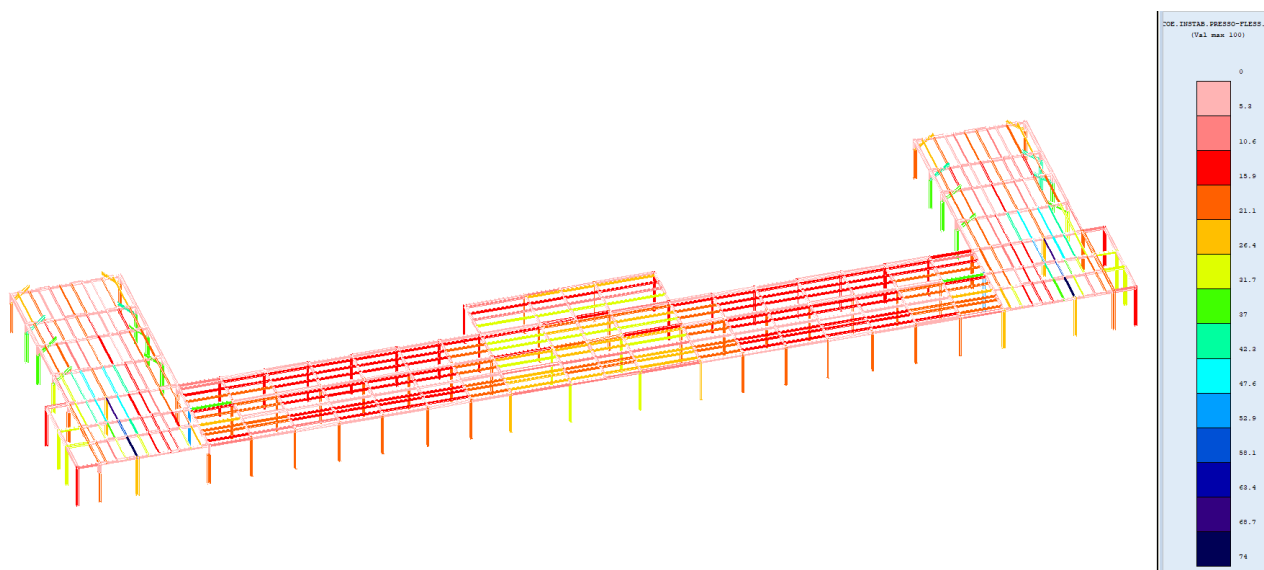
A titolo esemplificativo, si riportano di seguito i diagrammi di verifica sia delle aste in acciaio (pilastri e travi).



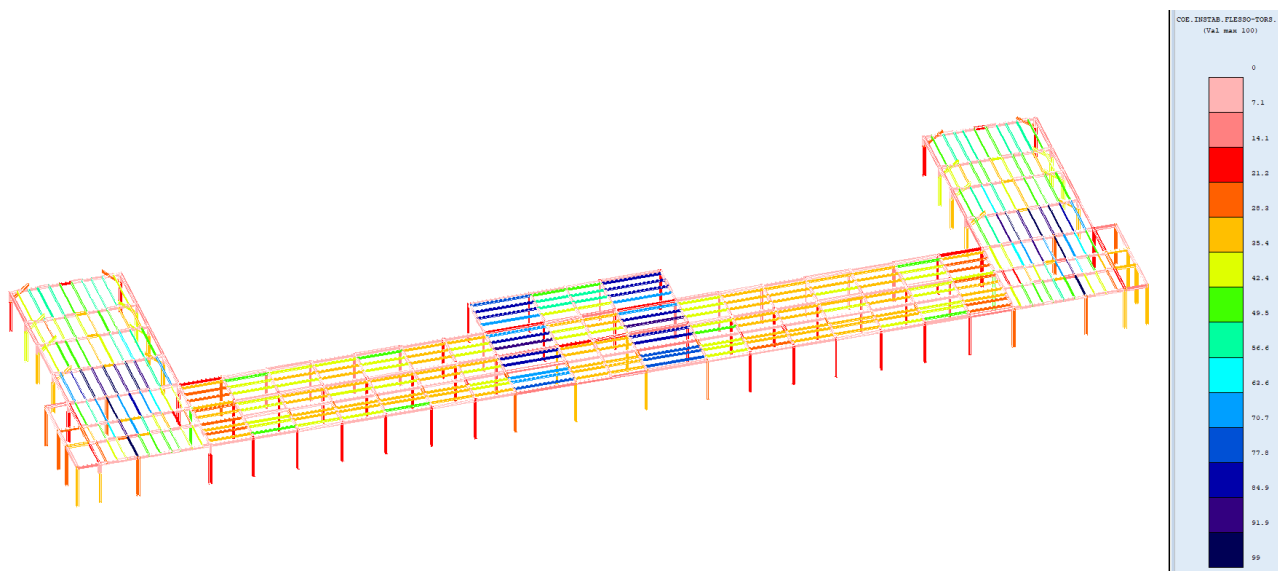
VERIFICA ASTE IN CARPENTERIA METALLICA



VERIFICA ASTE A PRESSO-FLESSIONE



VERIFICA ASTE A INSTABILITA' PRESSO-FLESSIONE



VERIFICA ASTE A INSTABILITA' FLESSIONE-TORSIONE