

Unione Europea
REPUBBLICA ITALIANA



REGIONE SICILIANA
Assessorato delle Infrastrutture e della Mobilità
Dipartimento regionale Tecnico

Servizio 5
Espletamento di Servizi di Ingegneria di competenza Regionale
e/o per conto di Enti Locali
(per le provincie di Palermo, Caltanissetta, Agrigento, Trapani)

Comune di Polizzi Generosa
Intervento di ristrutturazione e riqualificazione dell'immobile di interesse storico artistico-monumentale
"Masseria Verbumcaudo"
PROGETTO ESECUTIVO

CUP: G39D22000010001

CIG:



Elaborati

Elaborati generali

Scala Disegno

ST.01.INTEG

Relazione e calcoli coperture - integrativa

Data Emissione

Rev.01
04/05/2023

Visti e pareri

Tavola
78

PROGETTISTI

arch. Gaetano Colletti
arch. Gabriella Catarinicchia
arch. Vittorio Primo Falletta

CALCOLI STRUTTURALI

arch. Gaetano Colletti

Coordinatore per la sicurezza
arch. Vittorio Primo Falletta

IL R.U.P.
ing. Giuseppe Pirrello

CLASSIFICAZIONE DELL'INTERVENTO AI SENSI DELLE NTC 2018

Tutti gli interventi previsti nell'ambito di questo progetto, ricadono nell'ambito degli interventi di tipo: riparazione o interventi locali; di cui al Capitolo 8.4.1 delle NTC 2018 e Capitolo C8.4.1 della relativa Circolare applicativa del 21 gennaio 2019, n.7/C.S.LL.PP.

In tale categoria rientrano gli interventi di ripristino, rinforzo o sostituzione degli elementi strutturali o parti di essi non adeguati alla funzione che devono svolgere (interventi in copertura) o, anche di modifiche di parti limitate della struttura accompagnate da opportuni rinforzi (aperture di vani nelle pareti).

I calcoli strutturali relativi sono stati eseguiti con il programma PRO_ILC – interventi locali e particolari costruttivi (build 2021.01.001) della casa di software 2S.I. - con licenza free.

Verifica di un tetto in legno a orditura semplice con luce m 4,70 (misurata in proiezione orizzontale)

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. = < 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 14.0 x 18.0 cm, interasse: i = 70.0 cm

A = 252.0 cm², A_v = A K_{cf} = 168.8 cm², W_x = 756.0 cm³, J_x = 6804.0 cm⁴

Luce di calcolo: L = 497.1 cm

Spessore tavolato in legno: t_w = 3.0 cm

Angolo inclinazione della falda α = 19.0°

Materiali:

Legno travi:

Classe: C24 Abete - Cat. S2 UNI 11035-2:2010 (massiccio)

Massa volumica caratteristica: ρ_k = 375.0 kg/mc

Peso per unità di volume: γ_{legno} = 450.0 daN/mc

Modulo elastico medio: E_m = 118000.0 daN/cm²

Modulo elastico tangenziale medio: G_m = 7400.0 daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1: K_{def} = 0.6

E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 73750.0 daN/cm²

G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 4625.0 daN/cm²

γ_m = 1.50

K_h = 1.000

K_{cf} = 0.67

Resistenze caratteristiche:

Flessione: f_{mk} = 250.0 daN/cm²

Taglio: f_{vk} = 40.0 daN/cm²

Trazione: f_{t0k} = 150.0 daN/cm²

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili permanenti (maggiore di 10 anni)

K_{mod} = 0.600

Resistenza a flessione: f_{md} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / γ_m = 100.00 daN/cm²

Resistenza a taglio: f_{vd} = (f_{vk} K_{mod}) / γ_m = 16.00 daN/cm²

Resistenza a trazione: f_{t0d} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / γ_m = 60.00 daN/cm²

Per soli carichi permanenti:

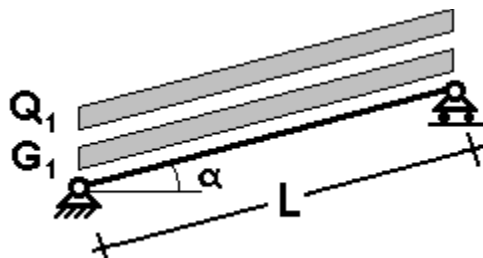
K_{mod} = 0.600

Resistenza a flessione: f_{pmd} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / γ_m = 100.00 daN/cm²

Resistenza a taglio: f_{pvd} = (f_{vk} K_{mod}) / γ_m = 16.00 daN/cm²

Resistenza a trazione: f_{pt0d} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / γ_m = 60.00 daN/cm²

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- tavolato in legno	13,5	daN/mq
$g_1 =$	13,5	daN/mq

$g_1 \times \text{interasse travi}$	9,5	daN/m
peso proprio trave	11,3	daN/m
$G_1 =$	20,8	daN/m

Carichi permanenti non strutturali:

- copertura in coppi	70,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	15,0	daN/mq
$g_2 =$	85,0	daN/mq

$G_2 = g_2 \times \text{interasse travi (0.70 m)}$	59,5	daN/m
--	------	-------

Carichi variabili:

$q = \text{carico da neve}$	122,0	daN/mq
$Q_1 = q \times \text{interasse travi}$	85,4	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Combinazione di carico: permanenti + variabili ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} + Q_1 \gamma_{q1} = 244.38 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50; \quad \gamma_{q1} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 75484.5 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 99.8 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 607.4 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 5.4 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} = 116.28 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 35916.3 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 47.5 \text{ daN/cm}^2 < f_{pmd} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 289.0 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 2.6 \text{ daN/cm}^2 < f_{pvd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$G_k = G_1 + G_2 = 80.29 \text{ daN/m}$$

$$U_{1i} = ((5 G_k L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_k L^2) / (8 G_m A)) = 8.111 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U_{2i} = ((5 Q_1 L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q_1 L^2) / (8 G_m A)) = 8.627 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{fin} = U_{1i} (1 + K_{def}) + U_{2i} (1 + \psi/2 K_{def}) = 21.604 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \quad \psi/2 = 0.00):$$

Verifiche di deformazione:

$$U_{2i} / L = 1 / 576 < 1 / 300 \quad (\text{Ok})$$

$$U_{fin} / L = 1 / 230 < 1 / 200 \quad (\text{Ok})$$

Verifica di un tetto in legno a orditura semplice con luce m 5,30 (misurata in proiezione orizzontale)

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. = < 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 16.0 x 20.0 cm, interasse: i = 70.0 cm
A = 320.0 cm², A_v = A K_{cf} = 214.4 cm², W_x = 1066.7 cm³, J_x = 10666.7 cm⁴

Luce di calcolo: L = 560.5 cm

Spessore tavolato in legno: t_w = 3.0 cm

Angolo inclinazione della falda α = 19.0°

Materiali:

Legno travi:

Classe: C24 Abete - Cat. S2 UNI 11035-2:2010 (massiccio)

Massa volumica caratteristica: ρ_k = 375.0 kg/mc

Peso per unità di volume: γ_{legno} = 450.0 daN/mc

Modulo elastico medio: E_m = 118000.0 daN/cm²

Modulo elastico tangenziale medio: G_m = 7400.0 daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1: K_{def} = 0.6

E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 73750.0 daN/cm²

G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 4625.0 daN/cm²

γ_m = 1.50

K_h = 1.000

K_{cf} = 0.67

Resistenze caratteristiche:

Flessione: f_{mk} = 250.0 daN/cm²

Taglio: f_{vk} = 40.0 daN/cm²

Trazione: f_{t0k} = 150.0 daN/cm²

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili permanenti (maggiore di 10 anni)

K_{mod} = 0.600

Resistenza a flessione: f_{md} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / γ_m = 100.00 daN/cm²

Resistenza a taglio: f_{vd} = (f_{vk} K_{mod}) / γ_m = 16.00 daN/cm²

Resistenza a trazione: f_{t0d} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / γ_m = 60.00 daN/cm²

Per soli carichi permanenti:

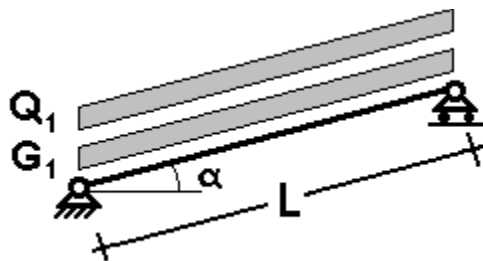
K_{mod} = 0.600

Resistenza a flessione: f_{pmd} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / γ_m = 100.00 daN/cm²

Resistenza a taglio: f_{pvd} = (f_{vk} K_{mod}) / γ_m = 16.00 daN/cm²

Resistenza a trazione: f_{pt0d} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / γ_m = 60.00 daN/cm²

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- tavolato in legno	13,5	daN/mq
$g_1 =$	13,5	daN/mq

$g_1 \times \text{interasse travi}$	9,5	daN/m
peso proprio trave	14,4	daN/m
$G_1 =$	23,9	daN/m

Carichi permanenti non strutturali:

- copertura in coppi	70,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	15,0	daN/mq
$g_2 =$	85,0	daN/mq

$G_2 = g_2 \times \text{interasse travi (0.70 m)}$	59,5	daN/m
--	------	-------

Carichi variabili:

$q = \text{carico da neve}$	122,0	daN/mq
$Q_1 = q \times \text{interasse travi}$	85,4	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Combinazione di carico: permanenti + variabili ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} + Q_1 \gamma_{q1} = 248.36 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50; \quad \gamma_{q1} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 97529.1 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 91.4 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 696.0 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 4.9 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} = 120.26 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 47224.2 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 44.3 \text{ daN/cm}^2 < f_{pmd} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 337.0 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 2.4 \text{ daN/cm}^2 < f_{pvd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$G_k = G_1 + G_2 = 83.35 \text{ daN/m}$$

$$U_{1i} = ((5 G_k L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_k L^2) / (8 G_m A)) = 8.676 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U_{2i} = ((5 Q_1 L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q_1 L^2) / (8 G_m A)) = 8.889 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{fin} = U_{1i} (1 + K_{def}) + U_{2i} (1 + \psi/2 K_{def}) = 22.771 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \quad \psi/2 = 0.00):$$

Verifiche di deformazione:

$$U_{2i} / L = 1 / 631 < 1 / 300 \quad (\text{Ok})$$

$$U_{fin} / L = 1 / 246 < 1 / 200 \quad (\text{Ok})$$

Verifica di un tetto in legno a orditura semplice con luce m 5,96 (misurata in proiezione orizzontale)

Dati generali:

Normativa di riferimento: DM 17/01/2018 NTC

Classe di servizio 1 - (caratterizzata da un'umidità del materiale in equilibrio con l'ambiente a una temperatura di 20°C e un'umidità relativa dell'aria circostante che non superi il 65% se non per poche settimane all'anno.)

Categoria carichi variabili: Neve (alt. s.l.m. \leq 1000 m)

Dati geometrici:

Dimensioni delle travi in legno: B x H = 14.0 x 24.0 cm, interasse: i = 70.0 cm

A = 336.0 cm², $A_v = A K_{cf} = 225.1$ cm², $W_x = 1344.0$ cm³, $J_x = 16128.0$ cm⁴

Luce di calcolo: L = 630.3 cm

Spessore tavolato in legno: $t_w = 3.0$ cm

Angolo inclinazione della falda $\alpha = 19.0^\circ$

Materiali:

Legno travi:

Classe: C24 Abete - Cat. S2 UNI 11035-2:2010 (massiccio)

Massa volumica caratteristica: $\rho_k = 375.0$ kg/mc

Peso per unità di volume: $\gamma_{legno} = 450.0$ daN/mc

Modulo elastico medio: $E_m = 118000.0$ daN/cm²

Modulo elastico tangenziale medio: $G_m = 7400.0$ daN/cm²

Moduli elastici per deformazioni a lungo termine:

Classe di servizio 1: $K_{def} = 0.6$

$E_{m,fin} = E_m / (1 + K_{def}) = 73750.0$ daN/cm²

$G_{m,fin} = G_m / (1 + K_{def}) = 4625.0$ daN/cm²

$\gamma_m = 1.50$

$K_h = 1.000$

$K_{cf} = 0.67$

Resistenze caratteristiche:

Flessione: $f_{mk} = 250.0$ daN/cm²

Taglio: $f_{vk} = 40.0$ daN/cm²

Trazione: $f_{t0k} = 150.0$ daN/cm²

Resistenze di calcolo:

Con durata dei carichi variabili permanenti (maggiore di 10 anni)

$K_{mod} = 0.600$

Resistenza a flessione: $f_{md} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 100.00$ daN/cm²

Resistenza a taglio: $f_{vd} = (f_{vk} K_{mod}) / \gamma_m = 16.00$ daN/cm²

Resistenza a trazione: $f_{td} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 60.00$ daN/cm²

Per soli carichi permanenti:

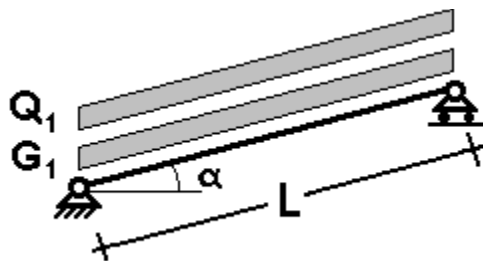
$K_{mod} = 0.600$

Resistenza a flessione: $f_{pmd} = (f_{mk} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 100.00$ daN/cm²

Resistenza a taglio: $f_{pvd} = (f_{vk} K_{mod}) / \gamma_m = 16.00$ daN/cm²

Resistenza a trazione: $f_{ptd} = (f_{t0k} K_h K_{mod}) / \gamma_m = 60.00$ daN/cm²

Schema statico:



Analisi dei carichi:

Carichi permanenti:

- tavolato in legno	13,5	daN/mq
$g_1 =$	13,5	daN/mq

$g_1 \times \text{interasse travi}$	9,5	daN/m
peso proprio trave	15,1	daN/m
$G_1 =$	24,6	daN/m

Carichi permanenti non strutturali:

- copertura in coppi	70,0	daN/mq
- impermeabilizzazione+coibentazione	15,0	daN/mq
$g_2 =$	85,0	daN/mq

$G_2 = g_2 \times \text{interasse travi (0.70 m)}$	59,5	daN/m
--	------	-------

Carichi variabili:

$q = \text{carico da neve}$	122,0	daN/mq
$Q_1 = q \times \text{interasse travi}$	85,4	daN/m

Verifiche delle travi in legno:

Combinazione di carico: permanenti + variabili ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} + Q_1 \gamma_{q1} = 249.29 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50; \quad \gamma_{q1} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 123797.3 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 92.1 \text{ daN/cm}^2 < f_{md} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 785.6 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 5.2 \text{ daN/cm}^2 < f_{vd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Combinazione di carico: soli carichi permanenti ($K_{mod} = 0.600$)

$$Q = G_1 \gamma_{g1} + G_2 \gamma_{g2} = 121.19 \text{ daN/m} \quad (\gamma_{g1} = 1.30; \quad \gamma_{g2} = 1.50)$$

Verifica a flessione:

$$M = (Q L^2) / 8 = 60183.2 \text{ daN cm}$$

$$\sigma_w = M / W_x = 44.8 \text{ daN/cm}^2 < f_{pmd} = 100.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Verifica a taglio:

$$V = (Q L) / 2 = 381.9 \text{ daN}$$

$$\tau_w = 1,5 V / A_v = 2.5 \text{ daN/cm}^2 < f_{pvd} = 16.00 \text{ daN/cm}^2 \quad (\text{Ok})$$

Frecce in esercizio:

Deformazione istantanea per effetto dei carichi permanenti:

$$G_k = G_1 + G_2 = 84.07 \text{ daN/m}$$

$$U_{1i} = ((5 G_k L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 G_k L^2) / (8 G_m A)) = 9.280 \text{ mm}$$

Deformazione istantanea per effetto dei carichi variabili:

$$U_{2i} = ((5 Q_1 L^4) / (384 E_m J_x)) + ((1.2 Q_1 L^2) / (8 G_m A)) = 9.427 \text{ mm}$$

Deformazione finale per effetto dei carichi permanenti + variabili:

$$U_{fin} = U_{1i} (1 + K_{def}) + U_{2i} (1 + \psi/2 K_{def}) = 24.274 \text{ mm} \quad (K_{def} = 0.600, \quad \psi/2 = 0.00):$$

Verifiche di deformazione:

$$U_{2i} / L = 1 / 669 < 1 / 300 \quad (\text{Ok})$$

$$U_{fin} / L = 1 / 260 < 1 / 200 \quad (\text{Ok})$$