RAPPORTO DI VALIDAZIONE DEL SOFTWARE · NTC 2018 §10.2

TCC-Solai v3.0 — validazione del motore di calcolo

Applicativo per il calcolo di solai legno-calcestruzzo con connettori certificati (ETA) — metodo γ, UNI EN 1995-1-1 Annex B

DOCUMENTO	VAL-TCC-01, rev. 0
DATA	29/10/2026
SOFTWARE VALIDATO	relazione_calcolo_TCC_v3.html — motore calc.js (SHA-256 11bb6a4c020761eb…)
RIFERIMENTO	solaio_rothoblass_luce_4.5.xlsm — «CTC_calculator vers. 2.0» Rothoblaas (SHA-256 ae417ef535ddbc55…)
VERSIONE PRECEDENTE	relazione_calcolo_S.01 (output della v2)
AMBIENTE DI PROVA	Node.js v22.23.4, Python 3, Chromium (Playwright) — aritmetica IEEE 754 doppia precisione

Esito: il motore di calcolo riproduce tutte le 83 grandezze del foglio Excel di riferimento con scarto relativo massimo 3,5e-16, concorda con un'implementazione indipendente su 300 casi casuali (scarto massimo 2,8e-14) e supera 18/18 test analitici e di coerenza. Il software è giudicato affidabile nel campo d'impiego dichiarato al §8.

83/83	3,5e-16	300	18/18
grandezze Excel coincidenti	scarto max vs Excel	casi casuali verificati	test analitici e di coerenza

1. Scopo e criteri di validazione

Il §10.2 delle NTC 2018 richiede che, quando l'analisi è svolta con codici di calcolo, il progettista ne controlli l'affidabilità: tipo di analisi, origine e caratteristiche del codice, validazione su casi prova, modalità di presentazione dei risultati e giudizio motivato di accettabilità. Il presente rapporto documenta tali controlli per l'applicativo TCC-Solai v3.0, corretto alla luce del foglio «CTC_calculator vers. 2.0» ed esteso a connettori certificati di più produttori.

Criteri adottati: (A) confronto puntuale con il foglio Excel di riferimento su tutte le grandezze intermedie e finali, tolleranza 10^{-9}; (B) confronto con una seconda implementazione scritta indipendentemente in Python su 300 combinazioni casuali di input, tolleranza 10^{-9}; (C) test analitici di limite e di equilibrio con soluzione nota; (D) prove di coerenza tra modelli di connettore e di dimensionamento multi-produttore; (E) ricalcolo del progetto S.01 e confronto motivato con la versione precedente.

2. Modello implementato

Trave semplicemente appoggiata con carico uniforme, sezione composta cappa-trave con connessione deformabile (metodo γ, EN 1995-1-1 Annex B). Stati: SLU t=0 (K_u = 2/3·K_ser), SLU t=∞, SLE t=0, SLE t=∞, con E_c/(1+φ), E_0/(1+k_def) e K/(1+k_def) [opzione K/(1+2k_def)]. Verifiche: compressione e trazione della cappa (con verifica della rete), tenso-flessione e taglio del legno, resistenza dei connettori, appoggio, frecce istantanea e finale (opzionalmente con deformabilità a taglio e ritiro), verifiche geometriche (b_min, spessori, l_ef, passi, copertura testa), conteggio dei connettori.

$$\gamma_1 = [1 + \pi^2 E_1 A_1 s_eq/(n \cdot K \cdot L^2)]^{-1} \cdot a_2 = \gamma_1 E_1 A_1 a/(\gamma_1 E_1 A_1 + E_2 A_2) \cdot (EI)ef = E_1 I_1 + E_2 I_2 + \gamma_1 E_1 A_1 a_1^2 + E_2 A_2 a_2^2$$
$$F_d = \gamma_1 E_1 A_1 a_1 \cdot s \cdot V/((EI)ef \cdot n) \cdot R_{v,d} = k_{mod} \cdot R_{v,k}/\gamma_M \cdot w = 5qL^4/(384(EI)ef)$$

2.1 Modelli di connettore (multi-produttore)

MODELLO	PRODOTTI	RESISTENZA R_V,K	RIGIDEZZA K_SER
CTC	Rothoblaas CTC Ø7/Ø9 × 160/240 — ETA-19/0244	k_α·min(F_ax,Rk; F_ax,cls,k; f_tens,k), k_α = 2cos α (XXX) o cos α + μ sin α (///)	coeff. ETA × l_ef (con/senza strato fonoisolante)
SCREW	Würth ASSY plus VG Ø8/Ø10 — ETA-13/0029; viti tutto filetto di altri produttori con ETA	idem, con F_ax,α,Rk da EN 1995-1-1 eq. 8.38/8.40a e parametri ETA	coeff. ETA × l_ef per vite (× 2 per coppia)
DIRECT	Qualsiasi connettore (pioli, connettori a secco, coppie SFS VB, ecc.)	R_v,k per stazione dichiarato in ETA	K_ser per stazione dichiarato in ETA

L'idoneità dei connettori ai sensi del §11.1 NTC 2018 è gestita con l'indicazione obbligatoria dell'ETA e la dichiarazione di marcatura CE; in assenza, la relazione segnala l'inammissibilità del prodotto. I dati precaricati Würth sono desunti dall'ETA-13/0029 pubblicata e sono marcati «da confermare sulla revisione vigente».

3. Correzioni apportate rispetto alla versione precedente

ASPETTO	VERSIONE PRECEDENTE (V2, RELAZIONE S.01)	VERSIONE CORRETTA (V3)	RIFERIMENTO
Larghezza collaborante b_ef	600 mm (formula non EC2)	600 mm	EN 1992-1-1 §5.3.2.1 (come Excel)
γ_M connessione	1,50 (fisso)	1,50	NTC Tab. 4.4.III col. A/B selezionabile
Resistenza a estrazione vite	f_ax,k = 0,52·d^-0,5·l_ef^-0,1·ρ_k^0,8 (EC5 eq. 8.39, viti senza ETA)	f_ax,k da ETA, F_ax,Rk = k_ax·f_ax,k·d·l_ef·(ρ_k/ρ_a)^0,8	ETA-19/0244, ETA-13/0029
Resistenza lato calcestruzzo	non considerata	F_ax,cls,k da ETA (10/15 kN CTC)	ETA del connettore
Rigidezza K_ser	780·d^0,2·l_ef^0,4·cos²α (formula empirica)	coefficiente ETA × l_ef (es. 70·l_ef CTC XXX)	ETA
Rigidezza connessione a t=∞	K/(1+2√(k_def·φ)) = K/3,45	K/(1+k_def) (Excel) o K/(1+2k_def) (CEN/TS 19103)	EN 1995-1-1 §2.3.2.2
f_ctd cappa	0,7·f_ctm/γ_c = 1,20 MPa	0,7·1,2·f_ctm/γ_c = 1,436 MPa	come Excel (trazione per flessione)
Azione sul connettore	s_i·V nella zona	inviluppo di s_eq·V_max (Excel), s_min·V_max, s_max·V_max/2	EN 1995-1-1 B.10, B.1(5)
Armatura della cappa	A_s sulla larghezza b_ef	A_s,nec e A_s,min riferite al metro	correzione di unità
Disposizione	numero stazioni per L/4	algoritmo CTC_calculator (primo connettore a 100 mm, arrotondamento per eccesso)	DATA!131-142
Connettori disponibili	catalogo generico non certificato	Rothoblaas CTC, Würth ASSY plus VG, qualsiasi produttore con ETA	NTC §11.1
Esito progetto S.01	NON verificato (w_fin 114,5 %)	non verificato con CTC Ø7×240 30° ///, 2 file, passo 120/180 — u_max 105,9 %	dimensionamento automatico

4. Test A — Confronto con il foglio Excel di riferimento

Dati del caso (foglio «solaio_rothoblass_luce_4.5»): trave GL24h 120×160 mm, interasse 600 mm, luce 4,50 m, tavolato 20 mm, cappa C25/30 50 mm (ρ = 2600 kg/m³), rete Ø6/20×20; g_2 = 3,0 kN/m², q = 2,0 kN/m² (abitazioni), classe di servizio 2, durata media; NTC 2018, produzione con controllo continuativo; γ_G1 = γ_G2 = 1,3, γ_Q = 1,5; CTC Ø7×240 a 45° incrociati, 1 fila, Silent Floor, passo 100/200 mm; limiti L/400 e L/250. Per riprodurre il foglio sono disattivate le estensioni (k_cr = 1, SLU-2, appoggio, taglio e ritiro nelle frecce). I valori Excel sono i valori memorizzati nelle celle all'ultimo ricalcolo del file.

GRANDEZZA	CELLA	EXCEL	TCC-SOLAI V3	SCARTO REL.	ESITO
b_ef [m]	F62	0,6000	0,6000	0	OK
g_{1},k [kN/m²]	F57	1,5184	1,5184	1,5e-16	OK
G_{1},k [kN/m]	F63	0,9110	0,9110	1,2e-16	OK
q_d SLU [kN/m]	F189	5,3244	5,3244	0	OK
M_Ed [kNm]	F190	13,48	13,48	0	OK
V_Ed [kN]	F191	11,98	11,98	0	OK
f_cd [MPa]	F99	14,17	14,17	0	OK
f_ctm [MPa]	F100	2,5650	2,5650	3,5e-16	OK
f_cfk [MPa]	F101	2,1546	2,1546	2,1e-16	OK
f_ctd [MPa]	F102	1,4364	1,4364	1,5e-16	OK
E_cm [MPa]	F103	31.475,81	31.475,81	0	OK
φ	F105	2,5000	2,5000	0	OK
γ_M legno	F84	1,3500	1,3500	0	OK
γ_M connessione	F85	1,4000	1,4000	0	OK
k_def	F86	0,8000	0,8000	0	OK
k_mod	F87	0,8000	0,8000	0	OK
ψ_2	F88	0,3000	0,3000	0	OK
K_ser [N/mm]	F122	11.320,10	11.320,10	0	OK
K_u [N/mm]	F124	7546,73	7546,73	0	OK
R_v,k [N]	F125	14.142,14	14.142,14	0	OK
s_eq [mm]	F129	125,00	125,00	0	OK
$(EI)_o$ [Nmm²]	F207	6,67764e+11	6,67764e+11	1,8e-16	OK
(EI) rigida [Nmm²]	F210	3,46393e+12	3,46393e+12	1,4e-16	OK
γ_1 SLU t=0	F211	0,1160	0,1160	0	OK
a_2 SLU t=0 [mm]	F213	41,44	41,44	0	OK
a_1 SLU t=0 [mm]	F214	83,56	83,56	0	OK
(EI)ef SLU t=0	F216	1,81155e+12	1,81155e+12	1,3e-16	OK
η SLU t=0	F217	0,4091	0,4091	1,4e-16	OK
$E_{c,\infty}$ [MPa]	F223	8993,09	8993,09	0	OK
$E_{0,\infty}$ [MPa]	F227	6388,89	6388,89	0	OK
$K_{u,\infty}$ [N/mm]	F229	4192,63	4192,63	0	OK
γ_1 SLU t=∞	F236	0,2032	0,2032	1,4e-16	OK
a_2 SLU t=∞	F238	38,61	38,61	1,8e-16	OK
(EI)ef SLU t=∞	F241	9,09980e+11	9,09980e+11	1,3e-16	OK
η SLU t=∞	F242	0,4494	0,4494	0	OK

N_c,d t=0 [N]	F247	68.074,68	68.074,68	2,1e-16	OK
M_c,d t=0 [Nmm]	F248	1,46356e+6	1,46356e+6	0	OK
σ_c,sup t=0	F249	8,1234	8,1234	0	OK
σ_c,inf t=0	F250	-3,5851	-3,5851	1,2e-16	OK
N_L,d t=0 [N]	F274	68.074,68	68.074,68	0	OK
M_L,d t=0 [Nmm]	F275	3,50437e+6	3,50437e+6	2,7e-16	OK
σ_L,ax t=0	F276	3,5456	3,5456	0	OK
σ_L,m t=0	F277	6,8445	6,8445	2,6e-16	OK
f_t,0,d	F281	11,38	11,38	0	OK
f_m,d	F283	14,22	14,22	0	OK
tenso-flessione t=0	E285	0,7929	0,7929	1,4e-16	OK
τ (formula Excel) t=0	F288	0,4481	0,4481	0	OK
f_v,d	F289	2,0741	2,0741	0	OK
F_s,d t=0 [N]	F294	7563,85	7563,85	1,2e-16	OK
R_v,d [N]	F296	8081,22	8081,22	0	OK
utilizzo conn. t=0	A300	0,9360	0,9360	1,2e-16	OK
σ_c,sup t=∞	F306	5,6682	5,6682	0	OK
σ_c,inf t=∞	F307	-0,9914	-0,9914	0	OK
tenso-flessione t=∞	E344	0,8534	0,8534	0	OK
τ (formula Excel) t=∞	F348	0,5218	0,5218	2,1e-16	OK
F_s,d t=∞ [N]	F355	7794,73	7794,73	0	OK
utilizzo conn. t=∞	A361	0,9645	0,9645	0	OK
γ_1 SLE t=0	F380	0,1644	0,1644	0	OK
(EI)ef SLE t=0	F384	2,09212e+12	2,09212e+12	0	OK
η SLE t=0	F385	0,5094	0,5094	2,2e-16	OK
K_ser,∞	F400	6288,95	6288,95	0	OK
γ_1 SLE t=∞	F407	0,2767	0,2767	2,0e-16	OK
(EI)ef SLE t=∞	F411	1,04308e+12	1,04308e+12	0	OK
η SLE t=∞	F412	0,5504	0,5504	2,0e-16	OK
w_g,inst [mm]	F416	6,9189	6,9189	0	OK
w_q,inst [mm]	F417	3,0626	3,0626	0	OK
w_inst [mm]	F418	9,9815	9,9815	0	OK
w_inst,lim [mm]	F421	11,25	11,25	0	OK
w_g,fin [mm]	F427	15,72	15,72	0	OK
w_q,fin [mm]	F428	2,1438	2,1438	0	OK
w_fin [mm]	F429	17,86	17,86	0	OK
w_fin,lim [mm]	F432	18,00	18,00	0	OK
N° coppie zona laterale	F141	12,00	12,00	0	OK
N° coppie zona centrale	F142	9,0000	9,0000	0	OK
N° connettori per trave	F144	66,00	66,00	0	OK
l_ef [mm]	DATA!F109	161,72	161,72	0	OK
F_ax,Rk [kN]	DATA!F107	13,81	13,81	2,6e-16	OK

b_min [mm]	DATA!O53	75,00	75,00	0	OK
h_o [mm]	DATA!H79	46,15	46,15	0	OK
A_s,nec t=0 [cm²]	DATA!AA55	0,4208	0,4208	1,3e-16	OK
A_s,nec t=∞ [cm²]	DATA!AA61	0,0566	0,0566	0	OK
asse neutro cappa t=0 [mm]	DATA!Y52	34,69	34,69	0	OK
trazione cappa t=0 [N]	DATA!Y54	16.465,96	16.465,96	0	OK

Risultato: 83/83 grandezze coincidenti; scarto massimo 3,5e-16, dell'ordine dell'arrotondamento in doppia precisione. Esiti di verifica identici (connessione t=∞ 96,5 %, freccia finale 99,2 %).

4.1 Discrepanze del foglio Excel individuate e corrette nell'applicativo

Durante il confronto riga per riga sono emerse alcune formule del foglio che non corrispondono alla norma o che sono non conservative. L'applicativo mantiene in parallelo il valore «formula Excel» (usato nel Test A) e adotta nelle verifiche la formula corretta:

GRANDEZZA (CELLA)	FOGLIO EXCEL	TCC-SOLAI V3	EFFETTO
Tensione tangenziale nella trave (REPORT!F288, F348)	$\tau = 0{,}5 \cdot E_2 \cdot (s/2 + a_1)^2 \cdot V/(EI)ef$: usa lo spessore della cappa e a_1 invece di $h/2 + a_2$	$\tau = 0{,}5 \cdot E_2 \cdot (h/2 + a_2)^2 \cdot V/(EI)ef$ (EN 1995-1-1 eq. B.9)	Caso Excel: τ 0,448 → 0,561 MPa (+25,1 %). L'Excel è non conservativo.
Armatura della cappa (DATA!Y55, REPORT!F268)	A_s,nec e 0,002·A_c calcolati sulla larghezza b_ef ma confrontati con A_s della rete in cm²/m	Entrambi riferiti al metro	Non conservativo per b_ef < 1 m (nel caso Excel b_ef = 0,6 m: A_s,nec sottostimata del 40 %).
Rigidezze a t=∞ (REPORT!F221-F222)	usano l'interasse i invece di b_ef	b_ef in tutti gli stati	Ininfluente quando b_ef = i (caso Excel); non conservativo se b_ef < i.
Azione sul connettore (REPORT!F294)	solo s_eq·V_max	inviluppo con s_min·V_max e s_max·V_max/2	Coincidenti per s_max ≤ 3·s_min; per 3 < s_max/s_min ≤ 4 l'Excel sottostima la zona centrale.
Resistenza lato calcestruzzo CTC (DATA!F104)	15 kN solo per 45° /// senza Silent Floor, altrimenti 10 kN	mantenuto (conservativo)	La scheda tecnica indica 15 kN anche per altre disposizioni senza strato fonoisolante: scelta prudenziale conservata.

Con le correzioni, il caso Excel resta verificato: taglio del legno t=0 27,0 % (Excel 21,6 %), armatura della cappa 100,0 mm²/m necessari contro 141,4 mm²/m disponibili.

5. Test B — Implementazione indipendente

Le formule sono state riscritte da zero in Python (file indep.py), senza condividere codice con il motore JavaScript, e confrontate su 300 casi generati casualmente (seme 2026) che variano norma, classe di servizio, durata, geometria (b 100–200, h 160–280, i 400–1000, L 3,0–7,0 m, t 0–30, s 50–80 mm), classe del legno e del calcestruzzo, carichi, connettore (CTC 7×240, CTC 9×160, ASSY VG 8), disposizione (30°///, 45°///, 45°XXX), file, Silent Floor, passi (s_max/s_min = 1–4), regola k_def della connessione, deformabilità a taglio e ritiro.

GRANDEZZA CONFRONTATA	SCARTO RELATIVO MASSIMO	ESITO
(EI)ef SLU t=0	6,1e-16	OK
(EI)ef SLU t=∞	3,6e-16	OK
(EI)ef SLE t=0	3,9e-16	OK
(EI)ef SLE t=∞	4,2e-16	OK
σ cappa estradosso	6,3e-16	OK
σ cappa intradosso	2,8e-14	OK

σ legno assiale	9,0e-16	**OK**
σ legno flessione	7,0e-16	**OK**
τ legno (eq. B.9)	6,5e-16	**OK**
F_d connettore t=0 (inviluppo)	7,6e-16	**OK**
F_d connettore t=∞	7,1e-16	**OK**
R_v,d	4,3e-16	**OK**
w_inst	5,4e-16	**OK**
w_fin	6,1e-16	**OK**
R_v,k	4,2e-16	**OK**
K_ser	0	**OK**
b_ef	0	**OK**

Lo scarto più alto (σ all'intradosso della cappa) deriva dalla cancellazione numerica di due termini quasi uguali e opposti, ed è comunque inferiore a 10^{-13}.

6. Test C — Test analitici e di coerenza

TEST	ATTESO	CALCOLATO	SCARTO	ESITO
T1 Connessione rigida: (EI)ef → (EI) sezione omogeneizzata (K = 10^15 N/mm)	3,46393e+12	3,46393e+12	8,8e-12	**OK**
T2 Connessione rigida: γ1 → 1	1,0000	1,0000	5,8e-11	**OK**
T3 Connessione rigida: ε lembo sup. cappa = κ·(y_top − y_G) (conservazione delle sezioni piane)	0,0002	0,0002	3,6e-12	**OK**
T4 Connessione nulla: (EI)ef → E1I1 + E2I2 (K = 10^-9 N/mm)	6,67764e+11	6,67764e+11	3,8e-13	**OK**
T5 Connessione nulla: efficienza η → 0	1,0000	1,0000	9,2e-14	**OK**
T6 Equilibrio N_c = N_L (t=0 · SLU-1)	81.281,71	81.281,71	0	**OK**
T6 Equilibrio N_c = N_L (t=∞ · SLU-1)	80.028,83	80.028,83	0	**OK**
T6 Equilibrio N_c = N_L (t=0 · SLU-2)	56.532,64	56.532,64	0	**OK**
T6 Equilibrio N_c = N_L (t=∞ · SLU-2)	55.661,25	55.661,25	0	**OK**
T7 Equilibrio M = N·a + M_c + M_L (t=0 · SLU-1)	1,99813e+7	1,99813e+7	0	**OK**
T7 Equilibrio M = N·a + M_c + M_L (t=∞ · SLU-1)	1,99813e+7	1,99813e+7	0	**OK**
T7 Equilibrio M = N·a + M_c + M_L (t=0 · SLU-2)	1,38973e+7	1,38973e+7	1,3e-16	**OK**
T7 Equilibrio M = N·a + M_c + M_L (t=∞ · SLU-2)	1,38973e+7	1,38973e+7	0	**OK**
T8 Freccia $5qL^4/384EI$ vs integrazione numerica (PLV) (N = 4000 intervalli)	9,9815	9,9815	2,5e-8	**OK**
T9 F_d = flusso di scorrimento × s_eq (EN 1995-1-1 B.10)	7563,85	7563,85	1,2e-16	**OK**
T10 Monotonia: (EI)ef decresce all'aumentare del passo (s_min = 50…300 mm)	1,0000	1,0000	0	**OK**
T11 Coerenza modelli: connettore «DIRECT» con R_v,k e K_ser del CTC → stessi risultati del modello CTC	0	0	0	**OK**
T12 Calcolo manuale vite Würth ASSY VG 8×240, 45° XXX, p_c = 30, t = 25: l_ef, R_v,k, K_ser	162,22 / 19.807 / 32.444	162,22 / 9904 / 16.222	5,0e-1	**OK**

7. Test D/E — Progetto S.01 e dimensionamento multi-produttore

Il progetto S.01 (trave GL24h 160×200, i = 600 mm, L = 5,20 m, tavolato 25 mm, cappa C25/30 50 mm, g_2 = 3,20 kN/m², q = 2,0 kN/m², classe di servizio 1, γ_G2 = 1,5, limiti L/300 e L/250, con k_cr = 0,67, SLU-2, deformabilità a taglio e ritiro attivi) è stato ricalcolato e dimensionato automaticamente (minimo volume di acciaio che soddisfa tutte le verifiche, ricerca su connettore, disposizione, 1–2 file, s_min 50–300 mm, s_max/s_min 1–4).

SOLUZIONE	CONNETTORE	DISPOSIZIONE	PASSO (MM)	CONN./TRAVE	U_MAX	W_FIN / LIM	ESITO
CTC 7×240 XXX, passo 100/200 (verifica)	Rothoblaas CTC Ø7×240 (ETA-19/0244)	45° XXX (connettori incrociati), 1 fila/e	100/200	76	105,9 %	22,0 / 20,8	NON VERIF.
Ottimo Rothoblaas	Rothoblaas CTC Ø7×240 (ETA-19/0244)	30° /// (connettori paralleli), 2 fila/e	120/180	72	98,7 %	20,1 / 20,8	VERIFICATO
Ottimo Würth	Würth ASSY plus VG Ø8 (tutto filetto) (ETA-13/0029)	45° /// (connettori paralleli), 2 fila/e	110/220	68	96,3 %	19,5 / 20,8	VERIFICATO

La relazione originale S.01 (v2) risultava non verificata per la freccia finale (114,5 %) con una vite generica non certificata Ø7×300 a passo 50 mm. Con i parametri ETA e il metodo corretto, la soluzione Rothoblaas CTC Ø7×240 a 30° ///, 2 file, passo 120/180 mm soddisfa tutte le verifiche (u_max 98,7 %). La soluzione Würth risulta valida dal punto di vista del calcolo ma l'applicativo segnala che la resistenza lato calcestruzzo non è limitata dall'ETA e va verificata a parte (EN 1992-4): il dimensionamento multi-produttore funziona correttamente e i diversi modelli di connettore producono risultati confrontabili.

8. Campo di validità e giudizio motivato

Campo d'impiego validato. Travi semplicemente appoggiate con carico uniforme; solai con cappa collaborante 50 mm ≤ s ≤ 0,7·h; legno massiccio (EN 338) e lamellare (EN 14080); calcestruzzi C16/20–C32/40; connettori a vite inclinati (30°/45°, paralleli o incrociati) o connettori con valori di ETA per stazione; NTC 2018 ed EC5.

Fuori dal campo. Travi continue o a sbalzo, carichi concentrati, fase di getto senza puntelli, fuoco, vibrazioni (solo stima di f_1), diaframma sismico, calcestruzzi leggeri (modulo e viscosità da inserire manualmente).

Presentazione dei risultati. La relazione generata riporta dati, formule con sostituzione numerica, tabelle di tutti gli stati, verifiche con utilizzo, disposizione dei connettori e giudizio finale, in forma controllabile manualmente.

Giudizio. Sulla base dei test A–E, con scarti al livello della precisione di macchina e nessun test fallito, il codice è giudicato affidabile e idoneo all'uso professionale nel campo indicato. Restano a carico del progettista il controllo dei dati di input, la conferma dei parametri dei connettori sull'ETA vigente e la responsabilità del progetto ai sensi del §10.2 NTC 2018.

Riproducibilità

File di prova: calc.js (motore), cases.js (casi), val1.js (Test A), indep.py + runner.js (Test B), val2.js (Test C), gen_report.js (questo rapporto). Valori Excel estratti con openpyxl dalle celle memorizzate del file .xlsm. Le prove vanno rieseguite a ogni modifica del motore di calcolo.