



CLIENT / Committenza



Fondazione Human Technopole – Viale Rita Levi-Montalcini, 1– Area MIND – Cargo 6 – 20157 Milano, Italy

## Progetto Esecutivo di RETE DI DISTRIBUZIONE AZOTO LIQUIDO



**PROGETTISTA**  
Ing. Pier Angelo Galligani  
Via Carlo del Greco 25/A  
Cap 50141- Firenze (FI)  
Telefono:  
Fax: 055/455561  
E-mail: p.galligani@tcfirenze.com



### TECHNICONCONSULT FIRENZE S.R.L

Via Carlo del Greco 25/A – 50141 Firenze (Italia) • Tel. 055 455561 • Fax 055 4555660 • info@tcfirenze.com • techniconsult@pec.it  
www.tcfirenze.com • Capitale Sociale Euro 50.000,00 i.v. • C.F./P.IVA e Iscr. Reg. Imprese: 04464250481 • R.E.A. FI-453620  
Codice Destinatario Fatturazione Elettronica 5RU082D • Certificato ISO 9001:2015 Ente certificatore DNV GL

R01	16-03-2023	Revisione dopo verifica validatore	FCO	SRI	GAB
R00	13-01-2023	Emissione per approvazione	FCO	SRI	GAB
No. / N°	DATE / Data	ISSUE DESCRIPTION / Tipo Emissione	DRA. / Red.	VER. / Ver.	APP. / App.

### DOCUMENT DESCRIPTION / Descrizione Documento

Azioni al piede - Relazione di calcolo


### DOCUMENT NUMBER / Documento N°

PIT-22\_399-PE-CIV-RP-XXX-02

FORMAT / Formato A4 210x297mm

SCALE / Scala xx

AUTHOR / Autore HT

	<b>FONDAZIONE HUMAN TECHNOPOLE</b> <b>PROGETTO ESECUTIVO RETE DI DISTRIBUZIONE DI AZOTO LIQUIDO</b>		
<b>Rete di distribuzione di azoto liquido – N2L</b>	Foglio	di	
<b>Progetto Esecutivo</b> <b>Strutture - Relazione di calcolo azioni al piede</b>			

## PREMESSA con NOTA INTEGRATIVA

**Per l'ulteriore verifica del comportamento del serbatoio (con il liquido all'interno) in caso di sollecitazioni sismiche si riporta per esteso la seguente nota di chiarimento:**

*E' stato constatato che, con riferimento al paragrafo A.3.2.1 dell'UNI EN 1998 – 4 – “Eurocodice 8 – Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture – Parte 4: Silos, serbatoi e tubazioni” gli effetti termodinamici in un contenitore, valutati con la sovrapposizione di una componente impulsiva e una componente convettiva, determinano una **sensibile riduzione** delle azioni al piede in termini di trazione, taglio e compressione soprattutto nei casi in cui  $H/R < 3$  ( $H$ =altezza,  $R$ =raggio) e l'accelerazione al suolo vale  $a_g > 0,05 g$  (zone sismiche 1/2/3).*

*Nel caso in esame in cui l'azione sismica non risulta eccessivamente preponderante ( $a_g = 0,045 g$ ) è stata condotta un'analisi conforme al paragrafo 7.3.2 del DM 17 Gennaio 2018 “Criteri di progettazione di elementi strutturali “secondari” ed elementi non strutturali” e, pertanto, **è stato trascurato il contributo dovuto agli effetti termodinamici del contenitore.***

***Si evidenzia che l'analisi adottata risulta a favore di sicurezza poiché le azioni al piede non subiscono una riduzione per gli effetti sopra descritti.***

Resta a carico dell'Appaltatore procedere al rifacimento del calcolo e dimensionamento degli ancoraggi dei serbatoi e degli staffaggi delle tubazioni in funzione dei prodotti di mercato proposti nel rispetto delle indicazioni del progetto esecutivo.

DETERMINAZIONE AZIONI AL PIEDE E VERIFICA TIRAFONDI  
PER CONTENITORE CRIOGENICO SIAD AZOTO 10000 LITRI  
PRESSO IL CAMPUS HUMAN TECHNOPOLE  
IN COMUNE DI MILANO (MI)  
AI SENSI DEL D.M. 17 GENNAIO 2018

Committente:

HUMAN TECHNOPOLE - AREA EXPO 2015

Progettista:



Via A. Mazzi, 32 - 24018 Villa d'Almè - (BG)  
T. +39 035/ 63 13 111 F. +39 035/ 54 50 66  
info@etseng.it - www.etseng.it

Sistema di Gestione Integrato certificato  
UNI EN ISO 9001:2015  
BS OHSAS 18001:2007  
UNI EN ISO 14001:2015



Timbro e Firma per ricevuta da parte del Committente:

Titolo elaborato:

RELAZIONE DI CALCOLO

IL PRESENTE DOCUMENTO E' COMPOSTO DA N. 20 PAGINE

Numero elaborato

001S

Scala: -

Data: 07/2021

Commessa: 0374-2021

Redatto	Verificato	Approvato D.T.	Descrizione	Data	Rev.
Carpinetti	Locatelli	Parietti	Emissione	07/2021	00

Il presente elaborato è di proprietà esclusiva della E.T.S. S.p.A. ed è vincolato alle leggi sulla proprietà letteraria. Ne è vietata, per qualsiasi motivo, la riproduzione e/o consegna a terzi senza esplicito consenso di E.T.S. S.p.A.

## INDICE

<b>1</b>	<b>OGGETTO DELLA RELAZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL CONTENITORE CRIOGENICO .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>NORME DI PROGETTO.....</b>	<b>2</b>
<b>4</b>	<b>METODO DI CALCOLO.....</b>	<b>3</b>
<b>5</b>	<b>PARAMETRI SISMICI.....</b>	<b>3</b>
<b>6</b>	<b>DETERMINAZIONE DELLE AZIONI AL PIEDE DEL CONTENITORE CRIOGENICO</b>	<b>6</b>
6.1	Analisi sismica .....	6
6.2	Analisi al vento.....	7
<b>7</b>	<b>RIASSUNTO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL SINGOLO PIEDE .....</b>	<b>12</b>
<b>8</b>	<b>VERIFICA TIRAFONDI DI ANCORAGGIO.....</b>	<b>13</b>
<b>9</b>	<b>ALLEGATI.....</b>	<b>19</b>

## 1 OGGETTO DELLA RELAZIONE

---

Oggetto della presente relazione è la determinazione dei carichi al piede e la verifica dei tirafondi per un contenitore criogenico 10.000 litri contenente azoto da installare presso il campus HUMAN TECHNOPOLE nell'area EXPO-2015 in Comune di Milano (MI).

## 2 DESCRIZIONE DEL CONTENITORE CRIOGENICO

---

Per la descrizione del contenitore criogenico tipo, si rimanda ai seguenti documenti:

- PED-MU-ECT-1018-CS – *'MANUALE D'USO – EAGLE CRYOGENIC TANK 10000/18 – COLD STRETCHING'*.

## 3 NORME DI PROGETTO

---

- **Decreto Ministero delle Infrastrutture 17 Gennaio 2018.**  
Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".
- **ETA TR 029 – Design of Bonded Anchors.**  
Edition June 2007 – Amended September 2010.
- **ETA TR 45 – Design of Metal Anchors For Use in Concrete Under Seismic Actions.** Edition February 2013.

## 4 METODO DI CALCOLO

---

Le verifiche vengono svolte in accordo ai seguenti criteri:

### Verifiche strutturali

Per le verifiche strutturali si fa riferimento alla teoria degli stati limite (SLU/SLE) in accordo al DM 17/01/18 (Aggiornamento norme tecniche per le costruzioni).

L'analisi degli elementi strutturali è condotta secondo i metodi della scienza delle costruzioni applicando tutti i carichi permanenti ed i carichi variabili nella combinazione più sfavorevole in modo tale da imprimere sull'elemento considerato la massima sollecitazione.

## 5 PARAMETRI SISMICI

---

Comune: Milano (MI)

Zona sismica: 3

Vita nominale del contenitore criogenico:  $V_N = 10$  anni

Coefficiente d'uso:  $C_U = 1,0$  (classe d'uso II)

Periodo di riferimento della costruzione: 35 anni

Stato limite considerato: SLV

Categoria di sottosuolo: D

Fattore di struttura spettro di progetto componente orizzontale:  $q_0 = 1$

Dall'assunzione di questi parametri risulta un'accelerazione al suolo:  $a_g = 0,045 g$

Di seguito si riportano le schermate del software fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (CSLP) utilizzato per la determinazione dei parametri sopra riportati.

### FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate  
☐ Ricerca per comune

LONGITUDINE  
9.1815  
 LATITUDINE  
45.4773

☒ Ricerca per comune  
 REGIONE: Lombardia  
 PROVINCIA: Milano  
 COMUNE: Milano

**Elaborazioni grafiche**

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

**Elaborazioni numeriche**

Tabella parametri

**Nodi del reticolo intorno al sito**

**Reticolo di riferimento**

**Controllo sul reticolo**

☒ Sito esterno al reticolo

☐ Interpolazione su 3 nodi

☐ Interpolazione corretta

**Interpolazione**

superficie rigata

La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Individuazione del sito di riferimento

### FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) -  $V_N$   info

Coefficiente d'uso della costruzione -  $C_U$   info

**Valori di progetto**

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) -  $V_R$   info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) -  $T_R$  info

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="35"/>
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="332"/>
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="682"/>

**Elaborazioni**

Grafici parametri azione

Grafici spettri di risposta

Tabella parametri azione

**LEGENDA GRAFICO**

---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

**Strategia di progettazione**

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

Vita nominale della struttura

**FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO**

Stato Limite  
Stato Limite considerato **SLV** info

Risposta sismica locale  
Categoria di sottosuolo **D** info  $S_E = 1.800$   $C_C = 2.421$  info  
Categoria topografica **T1** info  $h/H = 0.000$   $S_T = 1.000$  info  
(frequenza sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale  
☐ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento  $\xi$  (%) **5**  $\eta = 1.000$  info  
☒ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore  $q$  **1** Regol. in altezza **si** info

Compon. verticale  
Spettro di progetto Fattore  $q$  **1.5**  $\eta = 0.667$  info

Elaborazioni  
Grafici spettri di risposta  
Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale  
— Spettro di progetto - componente verticale  
— Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1,  $\xi = 5\%$ )

INTRO FASE 1 FASE 2 **FASE 3**

Spettri di risposta

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

**Parametri indipendenti**

STATO LIMITE	SLV
$a_g$	0.045 g
$F_o$	2.645
$T_C^*$	0.267 s
$S_E$	1.800
$C_C$	2.421
$S_T$	1.000
$q$	1.000

**Parametri dipendenti**

$S$	1.800
$\eta$	1.000
$T_B$	0.215 s
$T_C$	0.645 s
$T_D$	1.778 s

**Espressioni dei parametri dipendenti**

$$S = S_E \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 / (5 + \xi)} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_C / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

**Punti dello spettro di risposta**

T [s]	Se [g]
0.000	0.080
$T_B$ 0.215	0.212
$T_C$ 0.645	0.212
0.699	0.196
0.753	0.182
0.807	0.169
0.861	0.159
0.915	0.149
0.969	0.141
1.023	0.134
1.077	0.127
1.131	0.121
1.185	0.115
1.239	0.110
1.293	0.106
1.347	0.102
1.400	0.098
1.454	0.094
1.508	0.091
1.562	0.088
1.616	0.085
1.670	0.082
1.724	0.079
$T_D$ 1.778	0.077
1.884	0.068
1.990	0.061
2.095	0.055
2.201	0.050
2.307	0.046

Parametri dello spettro di risposta



## **6 DETERMINAZIONE DELLE AZIONI AL PIEDE DEL CONTENITORE CRIOGENICO**

---

Dalle tavole del produttore del contenitore criogenico si ricavano le seguenti caratteristiche tecniche:

- Diametro esterno: 2200 mm;
- Altezza massima: 5774 mm;
- Peso a vuoto: 5600 daN;
- Peso massimo a pieno carico (azoto): 14000 daN.

Si riporta la descrizione delle procedure di calcolo previste da normativa per la determinazione delle azioni dovute al sisma in caso di contenitore criogenico pieno ed al vento in caso di contenitore criogenico vuoto. I valori sono calcolati implementando tali formule all'interno di un foglio di calcolo excel autoprodotta.

### **6.1 Analisi sismica**

Con riferimento al paragrafo 7.3.2 del DM 17 Gennaio 2018 - *“Criteri di progettazione di elementi strutturali “secondari” ed elementi non strutturali”* gli effetti dell'azione sismica si possono determinare applicando la forza orizzontale  $F_a$  derivante dalla seguente espressione:

$$F_a = (w_a \cdot S_a) / q_a \quad (1)$$

In cui  $w_a$  è la massa complessiva del contenitore criogenico.

Il fattore di struttura  $q_a$  viene assunto di valore unitario come prescritto da normativa alla *Tabella 7.2.1 – “valori di  $q_a$  per elementi non strutturali”*.

$S_a$  è l'accelerazione massima, normalizzata rispetto a g, che l'elemento subisce durante il sisma in corrispondenza dello stato limite considerato SLV ed è desunta dal relativo spettro di risposta fornito dal programma di calcolo fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Quindi, sulla base del periodo del contenitore criogenico:

$$T_a = C_1 \cdot H^{3/4} \quad (2)$$

con  $C_1 = 0,050$  per strutture non a telaio, entrando nello spettro di risposta considerato si ottiene la pseudo accelerazione  $S_a$ . Si calcola perciò la forzante sismica orizzontale  $F_a$  allo SLV mediante l'espressione (1).

Tale forzante viene applicata all'altezza del baricentro della struttura  $h_g = \frac{h}{2}$ , ottenendo il momento ribaltante:

$$M_r = F_a \cdot h_g \quad (3)$$

Ne segue che l'azione di trazione massima agente su un piede del contenitore criogenico, considerando l'effetto favorevole del peso complessivo del contenitore criogenico, risulta:

$$T_{piede} = \frac{M_r}{d_p} - \frac{w_a}{3} \quad (4)$$

Con  $d_p$  che è la distanza reciproca tra i piedi del contenitore criogenico e 3 è il numero di piedi del contenitore criogenico.

Il taglio agente su ogni singolo piede si assume pari al taglio alla base del contenitore criogenico, indotto dalla forzante sismica, diviso per il numero di piedi:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_a}{3} \quad (5)$$

## 6.2 Analisi al vento

Si determina l'azione statica equivalente del vento agente sul contenitore criogenico mediante la formula:

$$p = q_r c_e c_p c_d \quad (6)$$

### Determinazione della pressione cinetica di riferimento $q_r$

Dalla tabella 3.3.I del D.M. 17 gennaio 2018 si determina la zona di appartenenza del comune, da cui discendono i parametri per la determinazione della velocità del vento:

$$v_{b,0} \ a_0 \ k_s \quad (7)$$

Per un periodo di ritorno del vento standard  $T_r = 50$  anni, la velocità base di riferimento  $v_b$  del vento è data dall'espressione:

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a \quad (8a)$$

Con:

- $v_{b,0}$  velocità base di riferimento al livello del mare in funzione della tabella 3.3.I.
- $c_a$  coefficiente di altitudine fornito dalla relazione:

$$\begin{aligned} c_a &= 1 && \text{per } a_s \leq a_o \\ c_a &= 1 + k_s \left( \frac{a_s}{a_o} - 1 \right) && \text{per } a_o < a_s \leq 1500 \text{ m} \end{aligned}$$

Mentre la densità dell'aria è:

$$\rho = 1,25 \text{ daN} / \text{m}^3 \quad (8b)$$

Pertanto la pressione cinetica di riferimento è dunque pari a:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_b^2 \quad (8c)$$

#### Coefficiente di esposizione $c_e$

Dalla tabella 3.3.III del D.M. 17 gennaio 2018 si determina la classe di rugosità del terreno su cui sorge il contenitore criogenico.

Nota la classe di rugosità è necessario conoscere la categoria di esposizione del sito, la quale si desume dalle tabelle di figura 3.3.2 in funzione della zona di esposizione riportata dalla tabella 3.3.1.

Ne deriva che dalla tabella 3.3.II del si ottengono i seguenti parametri utili alla determinazione del coefficiente di esposizione:

$$k_r \quad z_0 \quad z_{min} \quad (9)$$

In funzione dell'altezza sul suolo  $z$  del punto considerato, si determina il coefficiente di esposizione che risulta pari a:

$$c_e(z) = k_r^2 c_t \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \left[ 7 + c_t \ln \left( \frac{z}{z_0} \right) \right] \quad \text{per } z \geq z_{min} \quad (10a)$$

$$c_e(z) = c_e(z_{min}) \quad \text{per } z < z_{min} \quad (10b)$$

**Coefficiente dinamico  $c_d$** 

Essendo i contenitori criogenici opere di tipologia ricorrente non eccedente 80 metri di altezza si assume un coefficiente dinamico di  $c_d = 1$  (paragrafo 3.3.8. del D.M. 17 gennaio 2018).

**Coefficiente di forma  $c_p$** 

Si assume un coefficiente di pressione esterna  $c_{pe} = +0,7$  (corpi cilindrici con rapporto  $d\sqrt{q} \geq 4,2$ )

Il taglio alla base dovuto al vento è dato dall'azione stessa del vento amplificata di un coefficiente pari a 1,5:

$$F_a = 1,5 \cdot p \cdot h \cdot d \quad (11)$$

Taglio agente sul singolo piede del contenitore criogenico:

$$F_{v,Ed} = \frac{F_a}{3} \quad (12)$$

Il momento ribaltante alla base dovuto al vento risulta:

$$M_r = F_a \cdot h_g \quad (13)$$

Azione assiale agente sul singolo piede:

$$T_{piede} = \frac{M_r}{d_p} - \frac{w_{a,vuoto}}{3} \quad (14)$$

Impostate le caratteristiche tecniche del contenitore criogenico in oggetto, si implementano le formule sopra esposte in un foglio di calcolo excel autoprodotta ottenendo i seguenti valori di sollecitazione:

**CARATTERISTICHE TECNICHE CONTENITORE CRIOGENICO**

Diametro esterno [m]	<b>2.20</b>
Altezza massima [m]	<b>5.77</b>
Peso a vuoto [daN]	<b>5600</b>
Peso a pieno carico [daN]	<b>14000</b>
Nr. Piedi di appoggio	<b>3</b>
Distanza fra i piedi [m]	<b>1.40</b>
Altezza piedi [m]	<b>0.50</b>

**ANALISI SISMICA**

Massa complessiva - wa [daN]	14000.00
Fattore di struttura - qa	<b>1.00</b>
Coefficiente C1 - strutture non a telaio	<b>0.05</b>
Periodo contenitore criogenico - Ta [s]	0.186
Spettro Sa - da programma CSLLPP	<b>0.194</b>
Forzante sismica Fa [daN]	2718.31
Altezza baricentro contenitore criogenico ha [m]	3.14
Momento ribaltante sisma [daNm]	8527.34
Trazione massima singolo piede [daN]	1424.287
Taglio alla base singolo piede - Fv,Ed [daN]	906.10
Azione assiale su singolo piede [daN] - COMPRESSIONE	10757.62

**ANALISI VENTO**

Zona vento (da 1 a 9)	<b>1</b>
vb,0 [m/s]	25.00
ao [ m slm]	1000.00
ks [1/s]	0.40
as [ m slm] sito in esame	<b>120</b>
vb [m/s]	25
ρ - densità aria [daN/m3]	1.25
qr [daN/m2]	39.06
classe di rugosità terreno	<b>B</b>
Categoria di esposizione del sito	<b>IV</b>
kr	0.22
z0 [m]	0.30
zmin [m]	8.00

Coefficiente di topografia	<b>1</b>
z [m]	5.77
Coefficiente di esposizione Ce(zmin)	1.63
Coefficiente di esposizione Ce(z)	1.63
Coefficiente dinamico Cd	<b>1</b>
q = qr * Ce [daN/m2]	64
d*(q)0.5	18
Fattore di forma cp	0.70

Pressione esterna [daN/m2]	<b>44.69</b>
----------------------------	--------------

Altezza baricentro contenitore criogenico ha [m]	2.89
Taglio alla base complessivo vento [daN]	851.45
Taglio alla base singolo piede - Fv,Ed [daN]	283.82
Momento ribaltante vento [daNm]	2458.13
Azione assiale su singolo piede [daN] - TRAZIONE	-110.863
Azione assiale su singolo piede [daN] - COMPRESSIONE	6422.470

## **7 RIASSUNTO SOLLECITAZIONI ALLA BASE DEL SINGOLO PIEDE**

### **SOLLECITAZIONI BASE SINGOLO PIEDE - SISMA**

Compressione da momento ribaltante sisma [daN]	<b>10758</b>
Trazione da momento ribaltante sisma [daN]	<b>1424</b>
Taglio alla base sisma dir. X [daN]	<b>906</b>
Taglio alla base sisma dir. Y [daN]	<b>906</b>

### **SOLLECITAZIONI BASE SINGOLO PIEDE - VENTO**

Compressione da momento ribaltante vento [daN]	<b>6422</b>
Trazione da momento ribaltante vento [daN]	<b>-111</b>
Taglio alla base vento dir. X [daN]	<b>284</b>
Taglio alla base vento dir. Y [daN]	<b>284</b>

I valori sopra indicati riguardano le condizioni più sfavorevoli in termini di verifica delle azioni al piede:

- Il valore di trazione massimo si ottiene nella configurazione in cui un unico piede è sottoposto a trazione e i restanti due a compressione per effetto delle azioni di momento ribaltante causate dal sisma e dal vento.
- Il valore di compressione massimo si ottiene nella configurazione in cui un unico piede è sottoposto a compressione e i restanti due a trazione per effetto delle azioni di momento ribaltante causate dal sisma e dal vento.

## 8 VERIFICA TIRAFONDI DI ANCORAGGIO

Si riporta foglio di calcolo utilizzato per la verifica del sistema di ancoraggio.

VERIFICHE TIRAFONDI		
Diametro tirafondo $\Phi$ [mm]	20	CLASSE 8.8
Numero tirafondi per singolo piede	2	
Area tirafondo - LORDA [mm2]	314	
Area tirafondo - NETTA ridotta per filetto [mm2]	251	
fyk tirafondo [N/mm2]	640	
ftb tirafondo [N/mm2]	800	
Fv,Rd resistenza a taglio [daN]	2414	
Ft,Rd resistenza a trazione [daN]	2229	
VERIFICA A TRAZIONE TIRAFONDO		
Trazione massima singolo piede [daN]	1424.29	VERIFICATA
Trazione massima singolo tirafondo [daN]	712.14	
VERIFICA A TRAZIONE $\sigma_t$ [N/mm2]	28.34	
VERIFICA A TAGLIO E TRAZIONE TIRAFONDO		
Taglio massimo singolo piede [daN]	906	VERIFICATA
Taglio massimo singolo tirafondo [daN]	453	
Fv,ED/Fv,Rd<1	0.19	
Ft,ED/(1.4*Ft,Rd)<1	0.23	
Ft,ED/Ft,Rd<1	0.32	
VERIFICA A TAGLIO E TRAZIONE $\sigma_t$ [N/mm2]	0.42	
VERIFICA ADERENZA TIRAFONDO E CLS		
Infissione tirafondo in cls [mm]	150	VERIFICATA
Superficie laterale foro tirafondo [mm2]	16964.60	
Tensione di aderenza tirafondo - cls [N/mm2]	0.42	
fck cls [N/mm2]	25	
fctm cls [N/mm2]	2.56	
fctk cls [N/mm2]	1.80	
$\eta$	1.00	
fbk cls [N/mm2]	4.04	
fbd [N/mm2]	2.69	



Dalle verifiche sopra riportate, l'ancoraggio del contenitore criogenico al basamento di fondazione risulta garantito, con un calcestruzzo di classe **C25/30**, da un totale di **6 tirafondi realizzati con barre filettate** (2 per piede), di diametro **M20 Classe 8.8**, profondità di ancoraggio pari a **15 cm**, inghisati con resina tipo **HILTI HIT-RE 500 V3** o tipo **WURTH WIT-PE 500** in una **platea esistente di spessore pari a 20 cm**.

Coppia di serraggio  **$T_{\max} = 150 \text{ Nm}$** .

Questa configurazione di tasselli appena descritta risulta pertanto verificata come di seguito esposto.

Si riportano le verifiche dei tirafondi svolte con il software del fornitore:

## 1 Dati da inserire

<b>Tipo e dimensione dell'ancorante:</b>	<b>HIT-RE 500 V3 + HIT-V (8.8) M20</b>
Return period (service life in years):	50
Profondità di posa effettiva:	$h_{ef,act} = 150 \text{ mm}$ ( $h_{ef,limit} = - \text{ mm}$ )
Materiale:	8.8
Certificazione No.:	ETA 16/0143
Emesso l Valido:	14/05/2019   -
Prova:	metodo di calcolo ETAG BOND (EOTA TR 029) + Sismico (EOTA TR 045)
Categoria di performance sismica:	C2
Tipologia di verifica sismica:	5.3 a1) Progettazione per gerarchia delle resistenze
Percentuale di carico sismico $\leq 20\%$ :	no
Spostamenti massimi richiesti per l'SLD: Carico di trazione $\delta_{N,req(DLS)} = 0.50 \text{ mm}$ , Carico di taglio $\delta_{V,req(DLS)} = 2.50 \text{ mm}$	
Fissaggio distanziato:	$e_b = 0 \text{ mm}$ (Senza distanziamento); $t = 15 \text{ mm}$
Piastra d'ancoraggio:	$l_x \times l_y \times t = 240 \text{ mm} \times 310 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$ ; (Spessore della piastra raccomandato: non calcolato)
Profilo:	nessun profilo
Materiale base:	fessurato calcestruzzo, C25/30, $f_{c,cube} = 30.00 \text{ N/mm}^2$ ; $h = 200 \text{ mm}$ , Temp. Breve/Lungo: 0/0 °C
<b>Installazione:</b>	<b>Foro eseguito con perforatore, Condizioni di installazione: asciutto</b>
Armatura:	nessuna armatura o interasse tra le armature $\geq 150 \text{ mm}$ (qualunque $\emptyset$ ) o $\geq 100 \text{ mm}$ ( $\emptyset \leq 10 \text{ mm}$ ) senza armatura di bordo longitudinale



## 3 Carico di trazione (EOTA TR 029, Sezione 5.2.2, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_N$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio*	7.120	130.667	6	OK
Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento**	14.240	44.599	32	OK
Rottura conica del calcestruzzo**	14.240	53.129	27	OK
Fessurazione**	14.240	55.227	26	OK

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti sollecitati)

### 3.1 Rottura dell'acciaio

$N_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,s,seis}$ [kN]
196.000	1.000	1.000	196.000
$\gamma_{M,s,seis}$	$N_{Rd,s,seis}$ [kN]	$N_{Ed,seis}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]
1.500	130.667	7.120	0.50
			$\delta_{N,seis(DLS)}$ [mm]
			0.50
			$N_{Rd,s,seis, reduced}$ [kN]
			130.667

### 3.2 Rottura combinata conica del calcestruzzo e per sfilamento

$A_{p,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{p,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rk,ugr,25}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$s_{cr,Np}$ [mm]	$c_{cr,Np}$ [mm]	$c_{min}$ [mm]
297,000	202,500	16.00	450	225	$\infty$
$\psi_{c,seis}$	$\tau_{Rk,seis}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	k	$\psi_{g,Np}^0$	$\psi_{g,Np}$	
1.000	5.40	2.300	1.172	1.054	
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,Np}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,Np}$	$\psi_{s,Np}$	$\psi_{re,Np}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,p}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,p,seis}$ [kN]		
50.894	1.000	0.850	66.898		
$\gamma_{M,p,seis}$	$N_{Rd,p,seis}$ [kN]	$N_{Ed,seis}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,seis(DLS)}$ [mm]	$N_{Rd,p,seis, reduced}$ [kN]
1.500	44.599	14.240	0.50	0.50	44.599

### 3.3 Rottura conica del calcestruzzo

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$c_{cr,N}$ [mm]	$s_{cr,N}$ [mm]
297.000	202.500	225	450
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$
0	1.000	0	1.000
			$\psi_{s,N}$
			1.000
$k_1$	$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$
7.200	72.449	1.000	0.750
			$N_{Rk,c,seis}$ [kN]
			79.693
$\gamma_{M,c,seis}$	$N_{Rd,c,seis}$ [kN]	$N_{Ed,seis}$ [kN]	$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]
1.500	53.129	14.240	0.50
			$\delta_{N,seis(DLS)}$ [mm]
			0.50
			$N_{Rd,c,seis, reduced}$ [kN]
			53.129

### 3.4 Fessurazione

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$C_{cr,sp}$ [mm]	$S_{cr,sp}$ [mm]	$\psi_{h,sp}$		
574,200	435,600	330	660	1.021		
$e_{c1,N}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,N}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$	$k_1$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000	7.200
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$N_{Rk,sp,seis}$ [kN]	$\gamma_{M,sp,seis}$	$N_{Rd,sp,seis}$ [kN]	$N_{Sd,seis}$ [kN]
72.449	1.000	0.850	82.841	1.500	55.227	14.240
$\delta_{N,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{N,seis(DLS)}$ [mm]	$N_{Rd,sp,seis, reduced}$ [kN]				
0.50	0.50	55.227				

### 4 Carico di taglio (EOTA TR 029, Sezione 5.2.3, EOTA TR 045, Sezione 5.6)

	Carico [kN]	Resistenza [kN]	Utilizzo $\beta_V$ [%]	Stato
Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)*	6.406	24.140	27	OK
Rottura dell'acciaio (con braccio di leva)*	N/A	N/A	N/A	N/A
Rottura per pryout**	12.813	53.129	25	OK
Rottura del bordo del calcestruzzo in direzione **	N/A	N/A	N/A	N/A

\*ancorante più sollecitato \*\*gruppo di ancoranti (ancoranti specifici)

#### 4.1 Rottura dell'acciaio (senza braccio di leva)

$V_{Rk,s,seis}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,s,seis}$ [kN]		
71.000	0.500	0.850	30.175		
$\gamma_{M,s,seis}$	$V_{Rd,s,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]	$\delta_{V,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{V,seis(DLS)}$ [mm]	$V_{Rd,s,seis, reduced}$ [kN]
1.250	24.140	6.406	2.50	2.50	24.140

#### 4.2 Rottura per pryout (cono del calcestruzzo)

$A_{c,N}$ [mm <sup>2</sup> ]	$A_{c,N}^0$ [mm <sup>2</sup> ]	$C_{cr,N}$ [mm]	$S_{cr,N}$ [mm]	k-factor	$k_1$
297,000	202,500	225	450	2.000	7.200
$e_{c1,V}$ [mm]	$\psi_{ec1,N}$	$e_{c2,V}$ [mm]	$\psi_{ec2,N}$	$\psi_{s,N}$	$\psi_{re,N}$
0	1.000	0	1.000	1.000	1.000
$N_{Rk,c}^0$ [kN]	$\alpha_{gap}$	$\alpha_{seis}$	$V_{Rk,cp,seis}^0$ [kN]	$V_{Rk,cp,seis}$ [kN]	
72.449	0.500	0.750	212.516	79.693	
$\gamma_{M,c,p,seis}$	$V_{Rd,cp,seis}$ [kN]	$V_{Sd,seis}$ [kN]	$\delta_{V,req(DLS)}$ [mm]	$\delta_{V,seis(DLS)}$ [mm]	$V_{Rd,cp,seis, reduced}$ [kN]
1.500	53.129	12.813	2.50	2.50	53.129

### 5 Carichi combinati di trazione e di taglio (EOTA TR 045, Sezione 5.6)

Rottura dell'acciaio

$\beta_N$	$\beta_V$	Utilizzo $\beta_{N,V}$ [%]	Stato
0.319	0.265	59	OK

$$\beta_N + \beta_V \leq 1.0$$

**Si allega scheda tecnica prestazionale della resina HILTI RE 500 V3:**

**CSTB**  
*le futur en construction*  
Centre Scientifique et  
Technique du  
Bâtiment  
84 avenue Jean Jaurès  
CHAMPS-SUR-MARNE  
F-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2  
Tél. : (33) 01 64 68 82 82  
Fax : (33) 01 60 05 70 37



Member of  
**EOTA**  
www.eota.eu

**European Technical  
Assessment**

**ETA-16/0143  
du 14/05/2019**

*English translation prepared by CSTB - Original version in French language*

**General Part**

Nom commercial:  
Trade name:

**Injection system Hilti HIT-RE 500 V3**

Famille de produit:  
Product family:

Cheville à scellement avec tige filetée, fers à béton, douille taraudée HIS-(R)N et cheville de traction Hilti HZA(-R) pour usage dans le béton.

Bonded fastener with threaded rods, rebar, internally threaded sleeve HIS-(R)N and Hilti tension anchor HZA(-R) for use in concrete.

Titulaire:  
Manufacturer:

Hilti Corporation  
Feldkircherstrasse 100  
FL-9494 Schaan  
Principality of Liechtenstein

Usine de fabrication:  
Manufacturing plants:

Hilti Plant

Cette évaluation contient:  
This Assessment contains:

49 pages incluant 46 pages d'annexes qui font partie intégrante de cette évaluation  
49 pages including 46 pages of annexes which form an integral part of this assessment

Base de l'ETE:  
Basis of ETA:

EAD 330499-01-0601

Cette évaluation remplace:  
This Assessment replaces:

ETE-16/0143 du 12/07/2017  
ETA-16/0143 dated 12/07/2017

*Translations of this European Technical Assessment in other languages shall fully correspond to the original issued document and should be identified as such. Communication of this European Technical Assessment, including transmission by electronic means, shall be in full. However, partial reproduction may be made, with the written consent of the issuing Technical Assessment Body. Any partial reproduction has to be identified as such.*

**Si allega scheda tecnica prestazionale della resina WURTH WIT-PE 500:**

## ANCORANTE CHIMICO WIT-PE 500



**Resina epossidica pura  
bicomponente senza stirene**

**Per ancoraggi in calcestruzzo  
fessurato di carichi statici e  
sismici e nell'asfalto e per  
collegamenti di strutture con  
ferri di armatura**

descrizione	Art.
cartuccia side-by-side da 385 ml	0903 480 001
cartuccia side-by-side da 585 ml	0903 480 003
cartuccia side-by-side da 1400 ml	0903 480 002
miscelatore statico per WIT-PE 500	0903 488 101

Certificati:							
<b>ETA Valutazione Tecnica Europea</b> Opzione 1 per calce- struzzo fessurato e non fessurato	<b>Carichi sismici ETAG Seismic C1 e C2</b>	<b>ETA Valutazione Tecnica Europea</b> Opzione 7 per calce- struzzo non fessurato con fori carotati	<b>ETA Benestare Tecnico Europeo</b> per ancoraggi di ferri di armatura (REBAR)	<b>Resistenza al fuoco</b>	<b>Test Report LEED</b>	<b>VOC Emissions Test report</b>	<b>NSF Standard 61</b>
 		 	 				

Descrizione dei certificati:	
<b>Ancoraggi con barre filettate e ferri di armatura</b>	ETA Valutazione Tecnica Europea-marchio CE per carichi statici e carichi vibranti (quasi statici) per M8-M30 e Ø8-32mm e per applicazioni di categoria C1 (M12-M30 e Ø12-32mm) e C2 (M12-M16)
<b>Ancoraggi con barre filettate e ferri di armatura in fori carotati</b>	ETA Valutazione Tecnica Europea-marchio CE per carichi statici e carichi vibranti (quasi statici) per M10-M24 e Ø10-25mm
<b>Collegamenti di strutture con ferri di armatura (REBAR)</b>	ETA Benestare Tecnico Europeo-marchio CE
<b>Resistenza al fuoco</b>	Test Report iMBB per barre filettate, Report CSTB per REBAR
<b>Test Report LEED</b>	Conforme ai requisiti LEED secondo EQ c4.1
<b>VOC Emissions Test report</b>	Classe di emissione di composti organici volatili: A+
<b>NSF</b>	Certificato per ancoraggi a contatto con acqua potabile: Standard 61

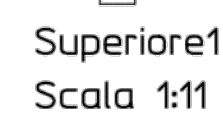


## **9 ALLEGATI**

---

Si allegano i seguenti documenti forniti dal Committente:

- 17152.18V – ‘CONTENITORE CRIOGENICO 10000/18 – VISTA QUADRO’.



Capacità Geometrica - Gross Capacity	10600 Lt
Capacità Utile - Net Capacity	10070 Lt
Peso a Vuoto - Empty Weight (±5%)	5600 Kg

11

1105

1213

1363

80

80

V4

V31

FOR REFERENCE ONLY

		DESCRIZIONE - Description :		
		CONTENITORE CRIOGENICO 10000/18 VISTA QUADRO  COLD GAS CONVERTER TYPE 10000/18 CONTROL PANEL VIEW		
SCALA Scale	1:11			DISEGNO - D

		DESCRIZIONE - Description :			
		CONTENITORE CRIOGENICO 10000/18 VISTA QUADRO			
		COLD GAS CONVERTER TYPE 10000/18 CONTROL PANEL VIEW			
SCALA Scale	1:11			DISEGNO - Drawing	
DATA Date	02/06/2015			17152.18V	
DISEGNATO Drawing	DD				
CONTROLLATO Checked	A. Parro			FOGLIO-sht. 1 Di-of 2	
APPROVATO Approved	G. Rossi			REV. 0	