



# Pali di fondazione

ductile iron solutions

[www.tfm.at](http://www.tfm.at)

# Pali di fondazione

## La soluzione completa

Il palo battuto in ghisa sferoidale del sistema per pali di fondazione TRM si compone solitamente di uno o più tubi per pali (in base alla lunghezza necessaria), di una punta (per pali non iniettati/iniettati) e di una piastra testa palo autocentrante.



## Tube per pile di lunghezza 5,0 m

I tubi per pali in ghisa sferoidale vengono realizzati in pezzi di lunghezza 5,0 m con diametri esterni di 98 mm, 118 mm e 170 mm, di spessori differenti. Il terminale conico ed il bicchiere ad esso perfettamente adatto (raccordo maschio/femmina) permettono una

giunzione rapida e sicura dei tubi a formare un palo continuo della lunghezza desiderata (Plug&Drive®). La lunghezza di palo in eccesso viene recisa alla quota di progetto e lo spezzone riutilizzato come elemento d'inizio del palo successivo (nessuno sfrido).

## Incastro conico M-F a bicchiere „Plug&Drive“

Grazie all'elevata energia di battitura durante l'infissione si forma fra gli spezzoni di tubo una giunzione rigida ad incastro, resistente a flessione (Plug&Drive®) con i seguenti vantaggi:

- + Giunzione rapida degli spezzoni infilando semplicemente un elemento nell'altro
- + Nessun utensile specifico o saldatura necessari
- + Adattamento flessibile al terreno

## Il sistema per pali TRM dispone delle seguenti certificazioni:

Das TRM Pfahlsystem verfügt über folgende Zulassungen:

- + Valutazione Tecnica Europea ETA-07/0169 (marchio CE)
- + Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung (Omologazione generale per prodotti da costruzione) Z-34.25-230 / DIBt

In base a tali certificazioni e secondo ÖNORM B2567 qualità ed idoneità vengono verificate in maniera continua durante il processo di produzione (verifiche interne e da parte di terzi).

## Schema delle tipologie di tubi per pali

tipo	spessore della parete mm	massa kg/m	modulo di resistenza della sezione cm <sup>3</sup>	momento flettente M <sub>Rd</sub> kNm
TRM 98	6,0	14,4	38	-
	7,5	17,2	45	-
TRM 118	7,5	21,0	68	21,7
	9,0	24,4	78	25,0
	10,6	28,0	88	28,2
TRM 170	7,5	33,8	149	47,7
	9,0	37,1	174	55,7
	10,6	42,5	199	63,7
	13,0	50,4	234	74,9

# Pali di fondazione

## Accessori

Offriamo tutti gli accessori necessari da un'unica fonte, realizzati in ghisa sferoidale



### punta TRM piatta per pali non iniettati

per pali non iniettati, adatta per roccia e terreni molto costipati



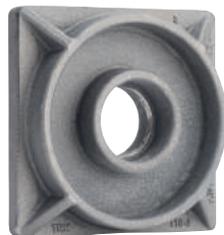
### punta TRM per pali non iniettati con punta

per pali non iniettati, adatta per roccia e terreni molto costipati contenenti ostacoli



### punta TRM per pali iniettati conica e piatta

per pali iniettati, una punta più larga permette la realizzazione di un rivestimento di malta cementizia iniettata che avvolge il tubo



### Piastra testa palo TRM

Piastra testa palo autocentrante per la trasmissione dei carichi dal corpo di fondazione al palo, con foro per l'inserimento dell'acciaio d'armatura (palo a trazione)



### Manicotto di giunzione TRM

Elemento di giunzione per cantieri con altezza di lavoro limitata



### Massa battente TRM per pali iniettati / non iniettati

Disponibili per le più differenti tipologie di martello idraulico

Maggiori informazioni sugli elementi accessori sono disponibili nel nostro depliant „Produktübersicht Pfähle und Pfahlzubehör“ (Elenco prodotti pali ed accessori per pali”)

# Fondazioni su pali

## Le possibilità su diversi tipi di suolo

Dal 1986 produciamo pali in ghisa sferoidale per la realizzazione di fondazioni profonde. Gli oltre 10 milioni di metri di pali posati dimostrano la grande esperienza con il sistema per pali di fondazione TRM. L'utilizzo di attrezzature relativamente leggere e di uso comune (escavatore con martellone idraulico) permette la realizzazione di fondazioni economiche, efficienti e sicure. Grazie al sistema di giunzione Plug&Drive® è possibile una giunzione rapida e senza problemi dei tubi per pali. In questo modo le lunghezze dei pali possono essere adeguate alle mutevoli condizioni del terreno senza grandi difficoltà. Con valori di progetto fino a 2.400 kN il sistema per pali di fondazione TRM offre un'alternativa economica ad una vasta gamma di tipologie di fondazioni profonde.

## Realizzazione con vibrazioni ridotte

Misurazioni effettuate in cantieri presso insediamenti abitati hanno ripetutamente dimostrato l'installazione ad impatto ridotto. I valori di vibrazione misurati  $\leq 2$  mm/sec si collocano sensibilmente al di sotto dei valori ammissibili.

## Sicurezza in cantiere

Grazie allo spostamento laterale del terreno non si ha estrazione di terreno di risulta. Le attività manuali sono limitate a lavorazioni fisiche marginali e sforzi non pericolosi.

## Pali non iniettati con carico di

### punta palo battuto prefabbricato

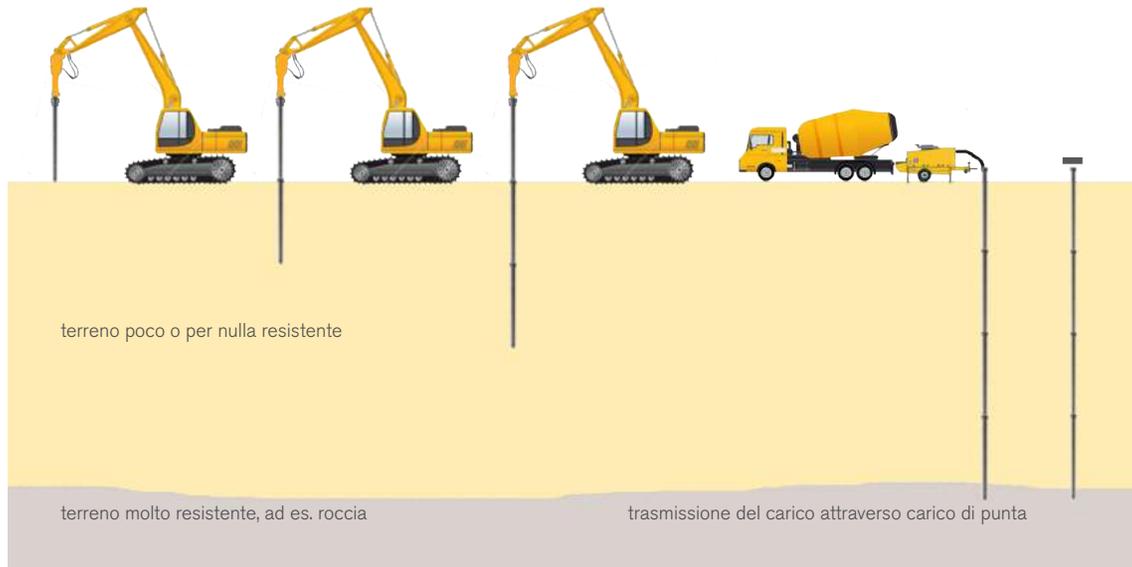
Pali non iniettati con carico di punta vengono realizzati quando a profondità non eccessive è disponibile un terreno d'appoggio solido (es. roccia) il quale è adatto ad assorbire i carichi trasmessi esclusivamente attraverso carico di punta.

- + Il primo tubo per palo provvisto di una punta specifica ("punta per pali non iniettati") viene posizionato sul piano di campagna ed infisso nel terreno attraverso l'utilizzo di un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico. La punta di infissione ha lo stesso diametro del tubo in ghisa. In base al tipo di terreno può essere utilizzata una "punta per pali non iniettati" provvista di punta oppure piatta.
- + Il tubo per pali successivo (e tutti i seguenti) viene inserito nel giunto a bicchiere ad incastro (Plug&Drive®) ed infisso fino alla profondità finale del palo necessaria.
- + Dopo il taglio della lunghezza di tubo in eccesso (esattamente secondo la quota di progetto) il palo viene riempito con malta cementizia (solitamente di classe C20/25 oppure C25/30) e provvisto di una piastra di testa palo per l'ancoraggio alla fondazione.

martello idraulico

pompa per calcestruzzo

piastra di testa palo



giunto a bicchiere ad incastro Plug & Drive



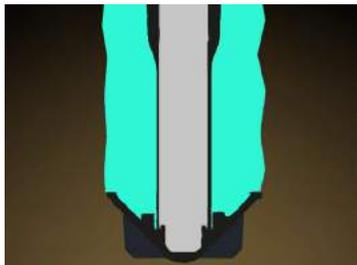
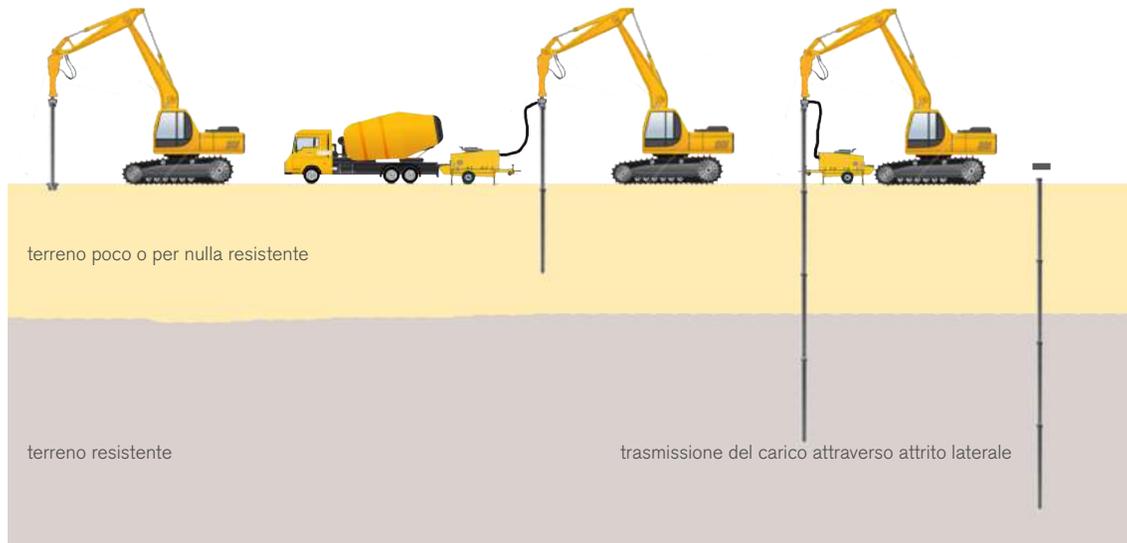
punta per palo non iniettato



martello idraulico

pompa per calcestruzzo

piastra di testa palo



rivestimento di calcestruzzo iniettato, punta per palo iniettato



punta per palo iniettato

## Pali iniettati

palo con rivestimento iniettato in malta cementizia

I pali iniettati sono adatti a terreni coesi ed a quelli non coesi nei quali l'attrito laterale del rivestimento iniettato di malta cementizia risulti sufficiente per la trasmissione dei carichi. Una parte del carico viene trasmessa anche attraverso carico di punta

- + Il primo tubo per palo provvisto di una punta specifica ("punta per pali iniettati") di diametro maggiore rispetto al fusto del palo stesso, viene posizionato sul piano di campagna ed infisso nel terreno attraverso l'utilizzo di un escavatore dotato di un efficiente martello idraulico. Contemporaneamente all'infissione una
- + pompa per calcestruzzo pompa costantemente malta cementizia (solitamente C20/25 oppure C25/30) attraverso l'interno del tubo verso la

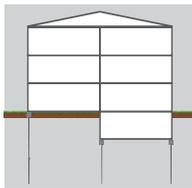
punta del palo. Apposite aperture nella punta permettono la fuoriuscita della malta cementizia che riempie così lo spazio perimetrale creato dalla sporgenza della punta rispetto al tubo.

- + Il tubo per pali successivo (e tutti i seguenti) viene inserito nel giunto a bicchiere ad incastro (Plug&Drive®) ed infisso fino alla profondità finale del palo necessaria.
- + Dopo il taglio della lunghezza di tubo in eccesso (esattamente secondo la quota di progetto) il palo viene provvisto di una piastra di testa palo per l'ancoraggio alla fondazione



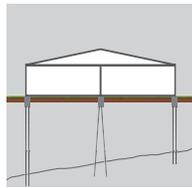
## Versatilità nel rispetto dell'ambiente

Vantaggi delle fondazioni su pali



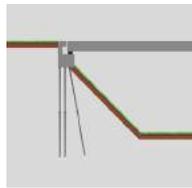
### Edilizia

Fondazione di edifici: vantaggi in ambito urbano grazie ad attrezzature compatte e maneggevoli, con tempi di esecuzione ridotti. La realizzazione di palizzate nello spessore di parete consente notevoli risparmi di calcestruzzo per fondazioni.



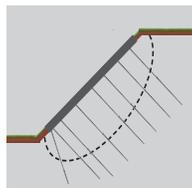
### Edilizia industriale

Fondazione di capannoni prefabbricati: trasmissione sicura dei carichi attraverso pali inglobati in plinti di fondazione di dimensioni ridotte. Si adatta perfettamente a strutture leggere ed alla loro sensibilità verso cedimenti assoluti e soprattutto differenziali. I carichi derivanti dal vento e dalle azioni sulle strutture vengono trasmessi in maniera sicura al terreno.



### Costruzione di ponti

Fondazione di spalle di ponti: Spostamento delle attrezzature di cantiere semplice e rapido. I momenti vengono scaricati attraverso pali a cavalletto e le forze orizzontali attraverso pali inclinati.



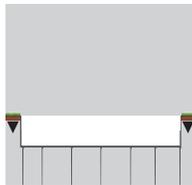
### Stabilizzazione di versanti

Messa in sicurezza di versanti instabili: Quali opera provvisoria complementare o di urgenza i pali possono essere messi in opera in verticale e con inclinazioni fino quasi all'orizzontale al fine di raggiungere la stabilità.



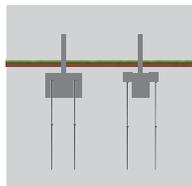
## Versatilità nel rispetto dell'ambiente

Vantaggi delle fondazioni su pali



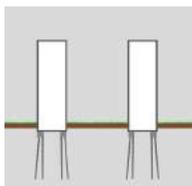
### Ancoraggio per sottospinta idrostatica

Fondazione di vasche di depurazione, sottovia stradali e scavi in zona di oscillazione della falda freatica: La soletta in calcestruzzo viene assicurata rispetto alla sottospinta idrostatica attraverso pali che lavorano a trazione.



### Ripresa di fondazioni esistenti

Sottofondazione di edifici esistenti: all'interno di capannoni industriali o di edifici, al fine di riprendere carichi costruttivi aggiuntivi, vengono rinforzate fondazioni esistenti o integrate successivamente nuove fondazioni (sfida dovuta ad altezza di lavoro ridotta).



### Manufatti snelli

Fondazioni per silos, gru a torre, pale eoliche, tralicci elettrici e di telecomunicazione: Sollecitazioni a compressione ed a trazione. Manufatti di altezza elevata e sottoposti a carichi ciclici da vento vengono fondati su pali a cavalletto con armatura aggiuntiva a trazione.

## Ghisa sferoidale

GJS 450-10

Abbiamo oltre 70 anni di esperienza nella fabbricazione di prodotti in ghisa sferoidale. Il palo TRM viene prodotto secondo massimi standard qualitativi. Contestualmente alla produzione vengono condotti in continuo controlli di qualità secondo le prescrizioni normative vigenti. Le verifiche riguardano le caratteristiche meccaniche, le dimensioni e la composizione chimica.

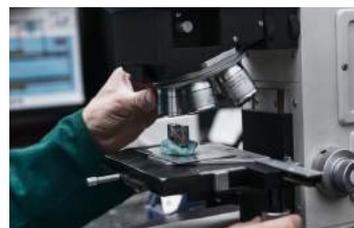
- + Qualità verificata secondo le norme europee e certificata ISO 9001
- + Qualità verificata secondo ETA-07/0169 (marcatura CE)
- + Qualità verificata secondo ÖNORM B2567



100% Materiale riciclato



Riempimento della centrifuga



Ricerca e sviluppo costante del materiale

### Resistenza alla corrosione

L'elevato contenuto di carbonio e silicio, oltre allo strato superficiale protettivo derivato dal sistema produttivo, conferiscono alla ghisa sferoidale una maggiore resistenza alla corrosione rispetto all'acciaio da costruzione.

### Elevata resistenza all'urto

L'aggiunta di magnesio alla fusione ed il trattamento termico dei pali nel forno di ricottura conferiscono alla ghisa sferoidale le sue elevate caratteristiche di duttilità e resistenza meccanica. In questo modo è possibile anche l'infissione dei pali per mezzo di martelli idraulici efficienti senza rischio di sovraccarico del materiale.

### Una materiale sostenibile

Produciamo pali da materiale al 100% riciclato. Per la produzione del ferro grezzo attingiamo esclusivamente a materie prime provenienti dall'industria del riciclo come pacchi di lamiera, rottami d'acciaio selezionati e materiali da riciclo.

Ghisa a grafite sferoidale	
Resistenza a trazione	$\geq 450 \text{ N/mm}^2$
0,2% del limite di elasticità	$\geq 320 \text{ N/mm}^2$
Modulo di elasticità	$170000 \text{ N/mm}^2$
Resistenza a compressione	$900 \text{ N/mm}^2$
Allungamento a rottura	$\geq 10\%$
Massa volumica	$7050 \text{ kg/m}^3$

# Verifiche della capacità portante

Misurazione del carico di rottura

## Verifica della capacità portante interna

I tubi per pali sono disponibili nei diametri 98 mm, 118 mm e 170 mm, con differenti spessori di parete. Il riempimento ovvero l'iniezione con calcestruzzo o boiaccia viene solitamente realizzato con malta cementizia di classe C20/25 o C25/30.

## Verifica di stabilità a carico di punta

Per pali parzialmente liberi è necessario eseguire una verifica di stabilità a carico di punta. Secondo la EN 1997-1 inoltre è necessaria una verifica di stabilità a carico di punta quando i pali vengono avvolti da terreni con resistenza caratteristica a taglio allo stato non drenato di  $c_u \leq 10$  KPa (KN/m<sup>2</sup>). In aggiunta è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung" in Germania). Per verifiche di stabilità a carico di punta è necessario tenere conto di un fattore parziale di sicurezza maggiore. I valori sopra riportati in tabella vanno ridotti di conseguenza.

## Corrosione

Nel caso di pali iniettati la malta cementizia che avvolge il palo in ghisa sferoidale esercita un'ampia protezione contro la corrosione. In caso di pali non iniettati durante la progettazione è necessario tenere conto di una perdita di spessore della parete dovuta a corrosione. I valori secondo ETA-07/0169 possono essere desunti dalla EN 1993-5 punto 4.4. I valori di progetto vanno adeguati di conseguenza (vedi ETA-07/0169). In aggiunta è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung" in Germania).

## Verifica della capacità portante esterna

### Generalità

L'identificazione completa e significativa del terreno (prova penetrometrica ecc.) è fondamentale per il dimensionamento economico dei pali. La verifica della capacità portante geotecnica va eseguita attraverso prove di carico oppure determinata sulla base di valori dedotti dall'esperienza (valori secondo "Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ (raccomandazioni del gruppo di lavoro "pali"), valori dall'esperienza specifica del produttore).

### Il sistema per pali TRM permette di acquisire ulteriori informazioni durante la realizzazione:

- + grazie alla resistenza alla penetrazione misurata (avanzamento della penetrazione in sec/m) si possono formulare deduzioni sulla "reale" capacità portante del terreno (vedi diagrammi sottostanti)
- + in questo modo le lunghezze dei pali durante la realizzazione possono essere adeguate alle condizioni del terreno realmente riscontrate

tipo	spessore nominale della parete mm	valore di progetto della capacità portante $N_{Sd}$		
		palo	palo + calcestruzzo (C20/25)	palo + calcestruzzo (C25/30)
TRM 98	6,0	555	632	652
	7,5	682	754	773
TRM 118	7,5	833	944	972
	9,0	986	1091	1117
	10,6	1144	1243	1267
TRM 170	7,5	1225	1477	1540
	9,0	1457	1699	1759
	10,6	1699	1930	1988
	13,0	2052	2269	2323

Tabella dei valori di progetto della capacità portante interna secondo Valutazione Tecnica Europea ETA-07/0169

I valori di progetto sopra elencati valgono per pali non iniettati con carico di punta per i quali non deve essere ipotizzata una perdita di spessore della parete dovuta a corrosione e per pali iniettati. In aggiunta è necessario rispettare eventuali prescrizioni nazionali (ad es. "Allgemeine bauaufsichtliche Zulassung" in Germania). Qualità di cemento maggiori o differenti sono ammissibili.

### Pali non iniettati palo battuto prefabbricato

L'identificazione completa del terreno con ricognizione della quota dello strato portante è presupposto necessario. Al raggiungimento dello strato portante e con avanzamento di infissione  $\leq 3\text{cm/min}$  un geotecnico dovrà indicare i carichi ammissibili sulla base di valori dedotti dalla sua esperienza in terreni simili, oppure, solitamente, determinati attraverso una prova di carico.

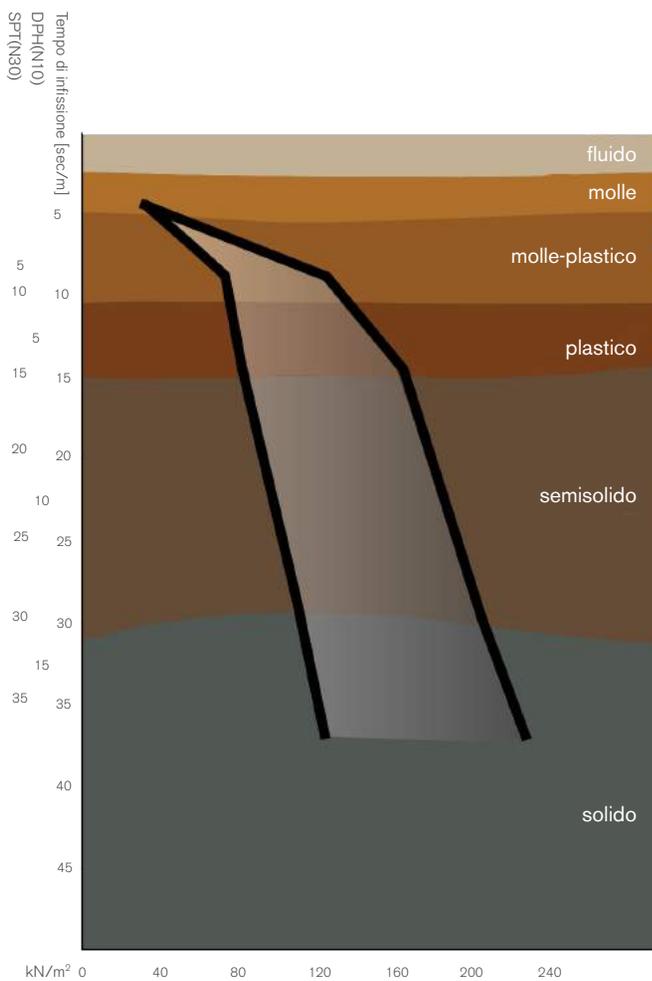
### Pali iniettati Palo con rivestimento iniettato in malta cementizia

Nei diagrammi seguenti sono rappresentati i valori limite di attrito laterale ( $q_{sk}$ ) ricavati dai valori registrati durante la pluriennale esperienza di TRM.

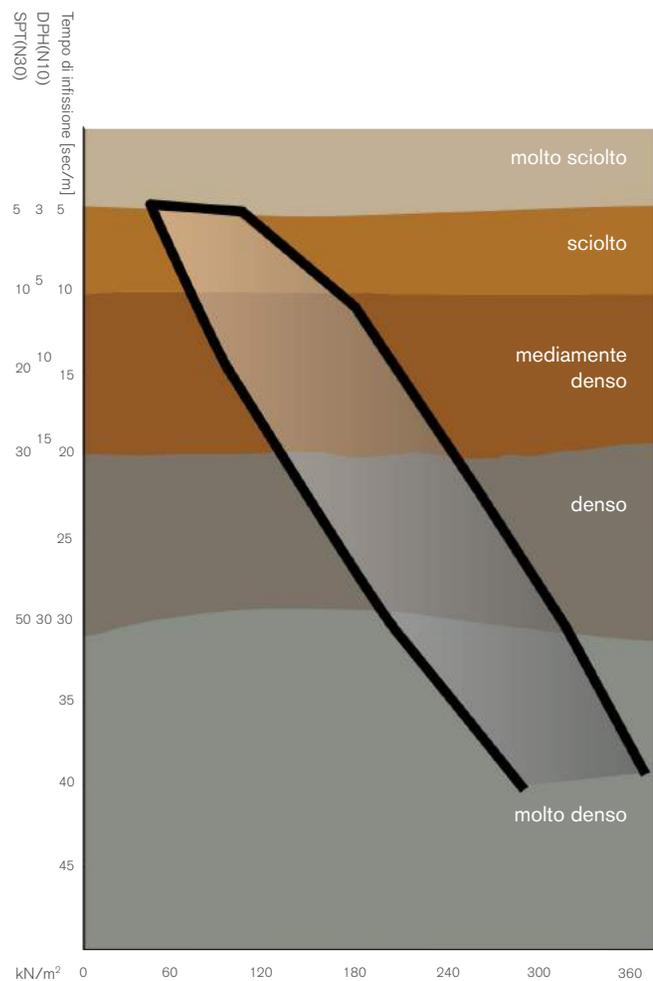
I valori limite di attrito laterale ( $q_{sk}$ ) riportati in funzione del tempo di infissione ( $\text{sec/m}$ ) sono stati ricavati

- + per un palo TRM 118 con punta 220 mm infisso con martello idraulico Atlas Copco MB1700
- + e per un palo TRM 170 con punta 270 mm infisso con martello idraulico Atlas Copco HB2200

### Valori limite di attrito laterale $q_{sk}$ in terreni coesivi



### Valori limite di attrito laterale $q_{sk}$ in terreni non coesivi



# I sistemi per pali TRM e la sostenibilità

## Efficiente nell'utilizzo delle risorse

L'accurato rapporto con l'ambiente è da sempre importante nell'operato di TRM. Ad esempio il ferro necessario per la produzione della ghisa da molti anni viene ricavato da rottame d'acciaio. Negli ultimi anni siamo riusciti anche a sfruttare il calore generato durante la fabbricazione per la produzione di calore per la locale rete di teleriscaldamento.

Perciò siamo particolarmente contenti di aver ricevuto, dopo lunghe ed intense preparazioni, una EPD (Environmental Product Declaration) inerente i sistemi di pali per fondazione TRM.

## Cos'è EPD?

La EPD (Environmental Product Declaration) riassume informazioni riferite all'ambiente al fine di rendere prodotti simili comparabili per quanto riguarda l'ambiente e la sostenibilità. La procedura per la redazione di una EPD ed i suoi contenuti sono regolati dalla ISO 14025 e dalla EN 15804. Tra gli altri anche il GWP (Effetto serra potenziale – rappresentato in CO<sub>2</sub> equivalente) è parte dell'EPD.

I dati e parametri derivanti dalla produzione forniti dai fabbricanti e dai cantieri formano la base di partenza. Tali dati e l'EPD stessa sono stati verificati ed approvati da parte della Bau EPD (editore e „gestore“ della EPD) e da un team di verificatori.

## A quale scopo una EPD?

In seguito a richieste da diversi paesi del mondo abbiamo deciso di affrontare la tematica del consumo di CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-Footprint) su basi scientifiche fondate ed assumere un ruolo di precursore per sistemi di fondazioni nell'ambito delle opere speciali.

Con la nostra dichiarazione EPD possiamo fornire dettagliatamente informazioni inerenti la rispettiva opera in ordine (ad esempio) al consumo di CO<sub>2</sub> del nostro sistema per pali di fondazione, tenendo conto, oltre alla produzione del palo instabilimento, anche delle attività in cantiere (analisi di tutti i cicli di vita “dalla culla alla tomba”).

## Numeri, dati, fatti

- + ipotizzando una distanza di trasporto “media” ed un cantiere “medio” osservando tutti i cicli di vita vengono prodotti ad esempio
  - palo TRM 118/7,5: 26,7 kg CO<sub>2</sub> equivalente / m palo (senza malta cementizia)
  - palo TRM 170/9,0: 45,8 kg CO<sub>2</sub> equivalente / m palo (senza malta cementizia)
- + uno studio a disposizione di TRM ha eseguito il confronto tra pali TRM e pali trivellati per due progetti (1 x edilizia industriale in Germania, 1 x ponte in Sudafrica). Grazie all'utilizzo dei pali TRM è stato possibile ridurre l'effetto serra potenziale del 30% ovvero l'emissione di CO<sub>2</sub> del 60%.



  
PFAHLSYSTEME

  
PFAHLSYSTEME

  
PFAHLSYSTEME



Ristrutturazione stazione ferroviaria  
Lustenau, Austria



Progetto immobiliare  
Grand Angle Fréjus, Francia



Autostrada Lahore –Sialkot, Pakistan

## Tipico esempio

### Ristrutturazione stazione ferroviaria Lustenau, Austria

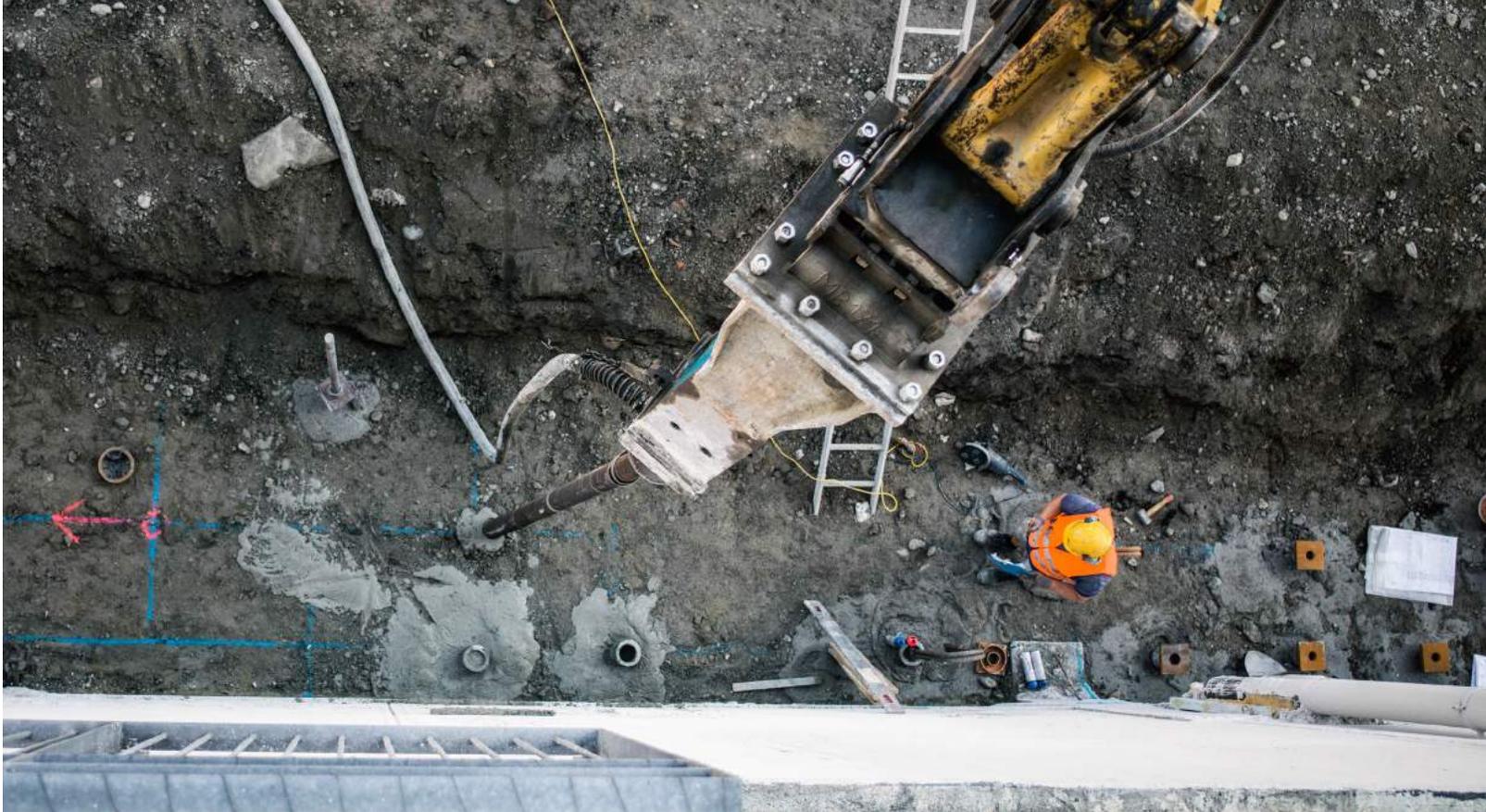
- + fondazione di un nuovo sottopassaggio pedonale e di due spazi antistanti con pali TRM
- + realizzazione dei pali all'interno di uno spazio confinato da palancole con altezza di lavoro di soli 5 metri con trasporto ferroviario in corso
- + realizzazione dei pali tra i binari esistenti con trasporto ferroviario in corso
- + Ca. 6500m di pali in ghisa sferoidale TRM 118 / 170
- + periodo di realizzazione: 2016

### Progetto immobiliare Grand Angle Fréjus, Francia

- + stabilizzazione degli scavi con pali TRM
- + pali di lunghezza 10m ad interasse 0,5m, ancorati con GEWI 25 di lunghezza 15 m
- + Ca. 660m di pali in ghisa sferoidale TRM 170
- + periodo di realizzazione: 2017

### Autostrada Lahore –Sialkot, Pakistan

- + fondazione delle spalle di 2 ponti con pali TRM
- + Ca. 3600m di pali in ghisa sferoidale TRM 170
- + periodo di realizzazione: 2018



## Tutti i vantaggi a colpo d'occhio

- + costi ridotti dell'impianto di cantiere
  - i pali lunghi 5 m permettono l'utilizzo di attrezzature relativamente leggere, versatili e di uso comune, minori costi di manutenzione grazie alla minore usura
- + giunzione veloce ad incastro Plug&Drive®
  - giunzione semplice dei singoli tubi per pali durante l'infissione senza attrezzature speciali o saldature
- + verifica della capacità portante esterna
  - la resistenza alla penetrazione fornisce indicazioni in merito alla capacità portante geotecnica
- + adattamento flessibile delle lunghezze dei pali al terreno
  - riscontrato ed a condizioni del suolo variabili
- + Infissione con vibrazioni ridotte
  - distanza assiale da strutture esistenti a partire da 50 cm, realizzazione dei pali possibile anche in spazi ristretti
- + elevata economicità
  - tempi di realizzazione brevi e costi d'investimento ridotti
- + nessun costo aggiuntivo di smaltimento del terreno di scavo o lavorazione successiva alle teste dei pali
- + nessuno sfrido
  - la lunghezza di tubo in eccesso viene recisa alla quota di progetto ed utilizzata come elemento iniziale del palo seguente
- + grande magazzino presso TRM
  - sono possibili forniture verso cantieri in tempi brevi
- + elevata resistenza alla corrosione
  - minor corrosione rispetto all'acciaio
- + ridotta necessità di spazio e ridotte esigenze per il piano di infissione
- + è possibile la realizzazione senza problemi con altezze di lavoro
  - ridotte grazie all'utilizzo di manicotti di giunzione

## **Tiroler Rohre GmbH**

Innsbrucker Str. 51

6060 Hall in Tirol

**T** +43 5223 503 0

**F** +43 5223 436 19

**E** pfahl@trm.at

[www.trm.at](http://www.trm.at)

Version 1.0 März 2019 Alle Angaben ohne Gewähr.  
Änderungen, Irrtümer, Druck- und Satzfehler vorbehalten.  
Sämtliche Produktdarstellungen sind Symbolbilder,  
Farbe und Ausführung können abweichen.  
Medieninhaber: Tiroler Rohre GmbH  
Druck: Alpina Druck GmbH