

LA SICUREZZA DELLE MACCHINE PER PERFORAZIONE: PASSATO, PRESENTE E FUTURO

Piacenza Expo, 13 settembre 2023

Relatori: ing. Giorgio Michelazzo, ing. Alessandro Camozzato

GEO^{24th}FLUID
2023 Drilling&Foundations



UCoMESA

Unione costruttori macchine edili,
stradali, minerarie ed affini

Federata



ANIMA[®]
CONFINDUSTRIA
MECCANICA VARIA



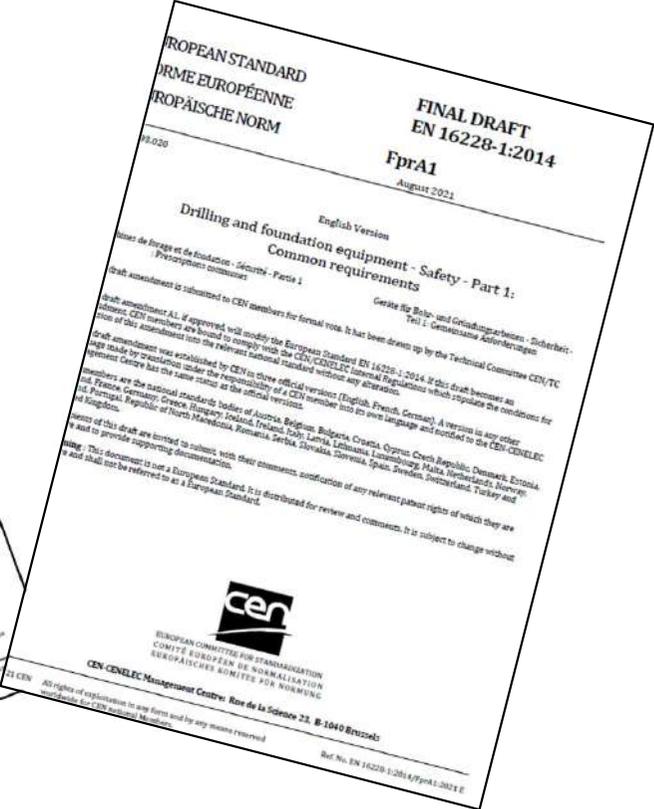
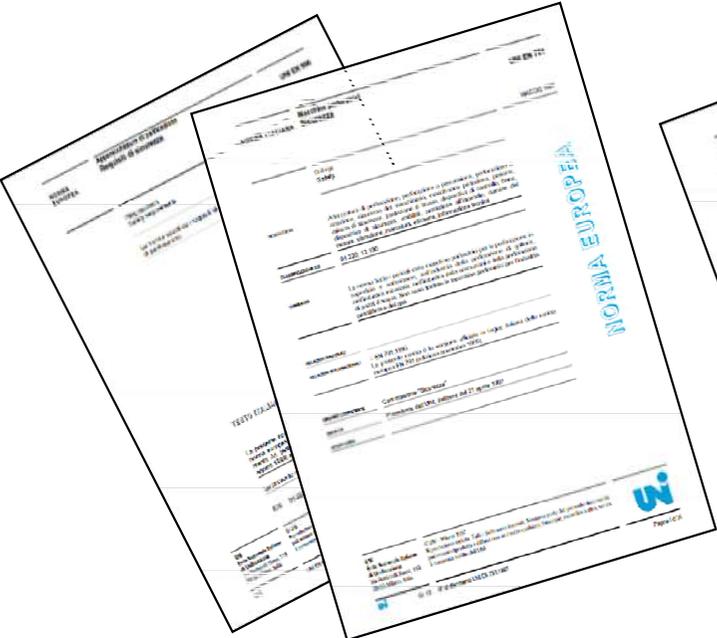


Evoluzione normativa - Milestones

1995

2014

2023

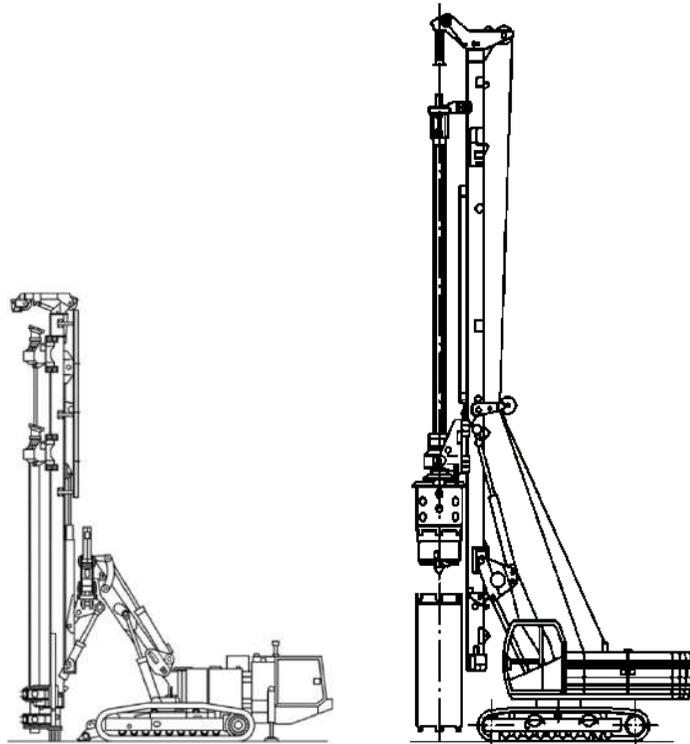




1995

EN 791: Drill rigs. Safety

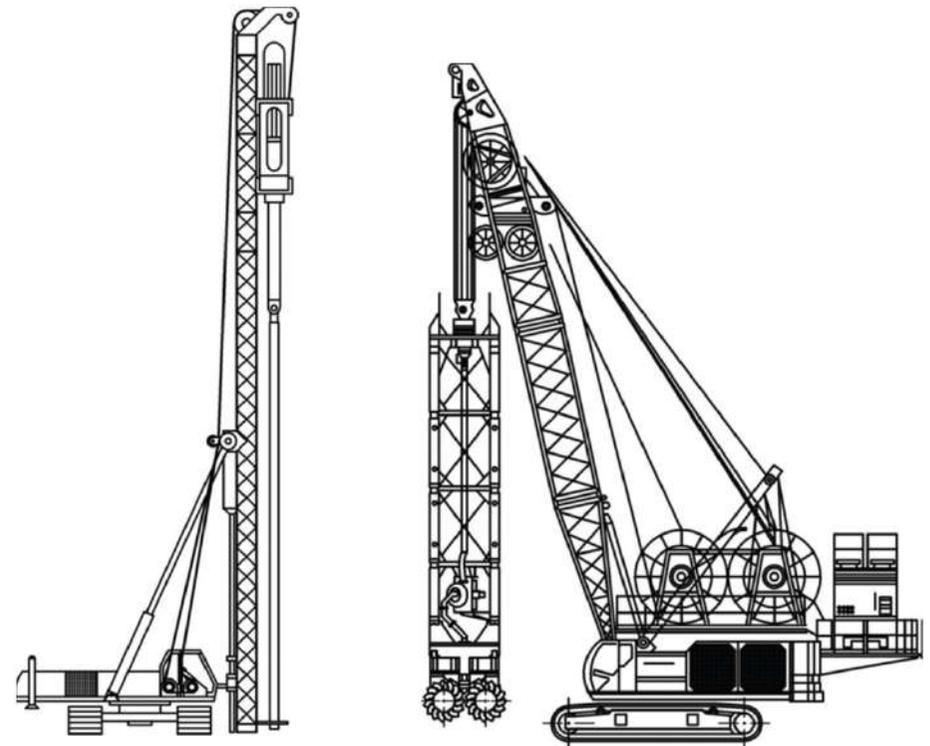
Perforatrici



EN 996: Piling equipment. Safety

Battipalo

Attrezzature per diaframmi (appendice C)





2014

EN 16228: Attrezzature per perforazioni e fondazioni. Sicurezza

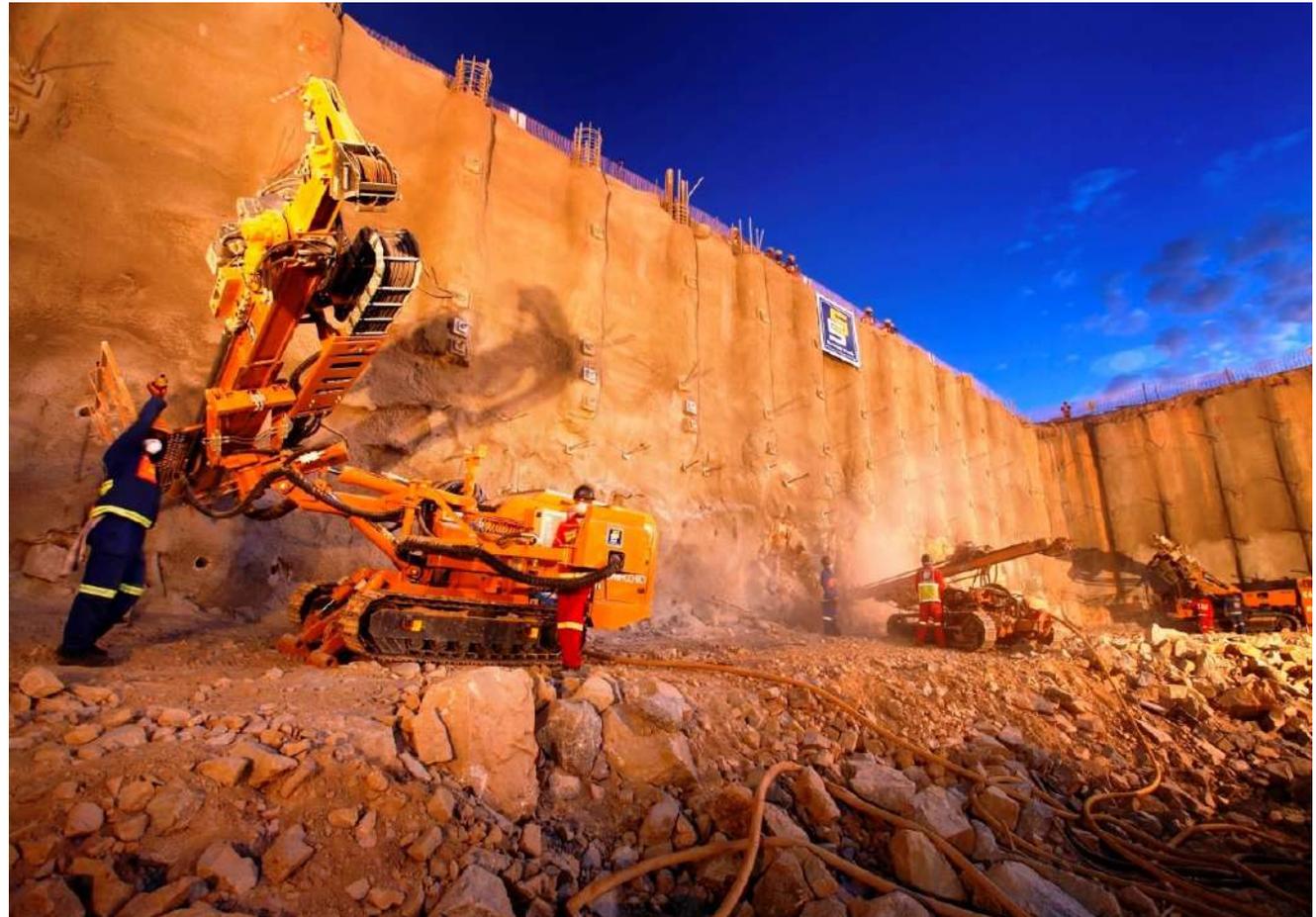
Publicata su GUCE 13-02-2015 - norma armonizzata ai sensi della D.M. 2006/42/CE

Parte 1	Prescrizioni generali
Parte 2	Perforatrici mobili per lavori di ingegneria civile e geotecnica e per l'industria mineraria ed estrattiva
Parte 3	Attrezzature per perforazione orizzontale direzionata (HDD)
Parte 4	Attrezzature per fondazioni
Parte 5	Attrezzature per diaframmi
Parte 6	Attrezzature per jetting, cementazione e iniezione
Parte 7	Attrezzature ausiliarie intercambiabili

... non è solo «la norma delle gabbie» !!! ...



**Attrezzature per perforazioni e fondazioni.
Micropalo, ancoraggio**





Campo di applicazione

**Attrezzature per perforazioni e fondazioni.
Micropalo, ancoraggio**





Campo di applicazione

**Attrezzature per perforazioni e fondazioni.
Palo di grande diametro**





Campo di applicazione

Attrezzature per perforazioni e fondazioni.

Diaframmi





2015

Pubblicazione

Analisi dell'impatto dell'evoluzione dello stato dell'arte delle perforatrici sulle modalità operative di utilizzo di dette attrezzature. In particolare, il testo descrive le situazioni nelle quali la tipologia d'intervento o le caratteristiche dell'ambiente impediscono l'adozione di protezioni per l'organo di perforazione, cercando di offrire indicazioni procedurali che possano conciliare le misure di sicurezza con le esigenze operative.

<https://www.inail.it/cs/internet/comunicazione/pubblicazioni/catalogo-generale/macchine-da-piccola-perforazione.html>

INAIL

Macchine da piccola perforazione
Evoluzione dello stato dell'arte per la protezione degli elementi mobili coinvolti nel processo produttivo

The cover features a large blue arrow pointing from left to right, representing the evolution of safety standards. Along the arrow, three key years are marked: 1950, 1996, and 2015. Each year is accompanied by small images of workers and machinery. The 1950 image shows a worker in a simple environment. The 1996 image shows a worker with a more complex machine. The 2015 image shows a worker with a modern, highly complex machine. The background of the cover is a light purple color.

Ricerca Edizione 2015



2021

EN 16228:2014 + A1:2021: Drilling and foundation equipment: Safety

Publicata su GUCE 02-08-2023 - norma armonizzata ai sensi della D.M. 2006/42/CE

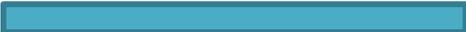
Parte 1	Prescrizioni generali
Parte 2	<i>Perforatrici mobili per lavori di ingegneria civile e geotecnica in terreno o miscella di terreno e roccia</i>
Parte 3	Attrezzature per perforazione orizzontale direzionata (HDD)
Parte 4	Attrezzature per fondazioni
Parte 5	Attrezzature per diaframmi
Parte 6	Attrezzature per jetting, cementazione e iniezione
Parte 7	Attrezzature ausiliarie intercambiabili



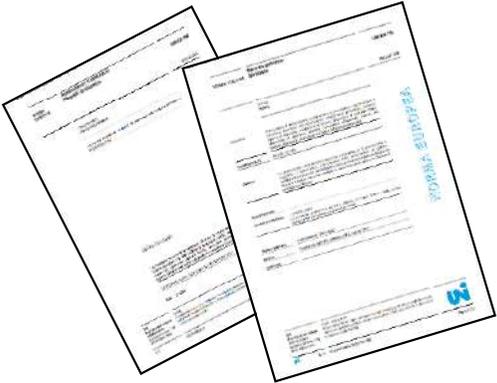
Evoluzione normativa - Milestones

Norme armonizzate ai sensi della Direttiva Macchine 2006/42/CE

1995



EN 791: Drill rigs. Safety
EN 996: Piling equipment. Safety



2015



EN 16228: Drilling and foundation equipment: Safety

02-2025



08-2023

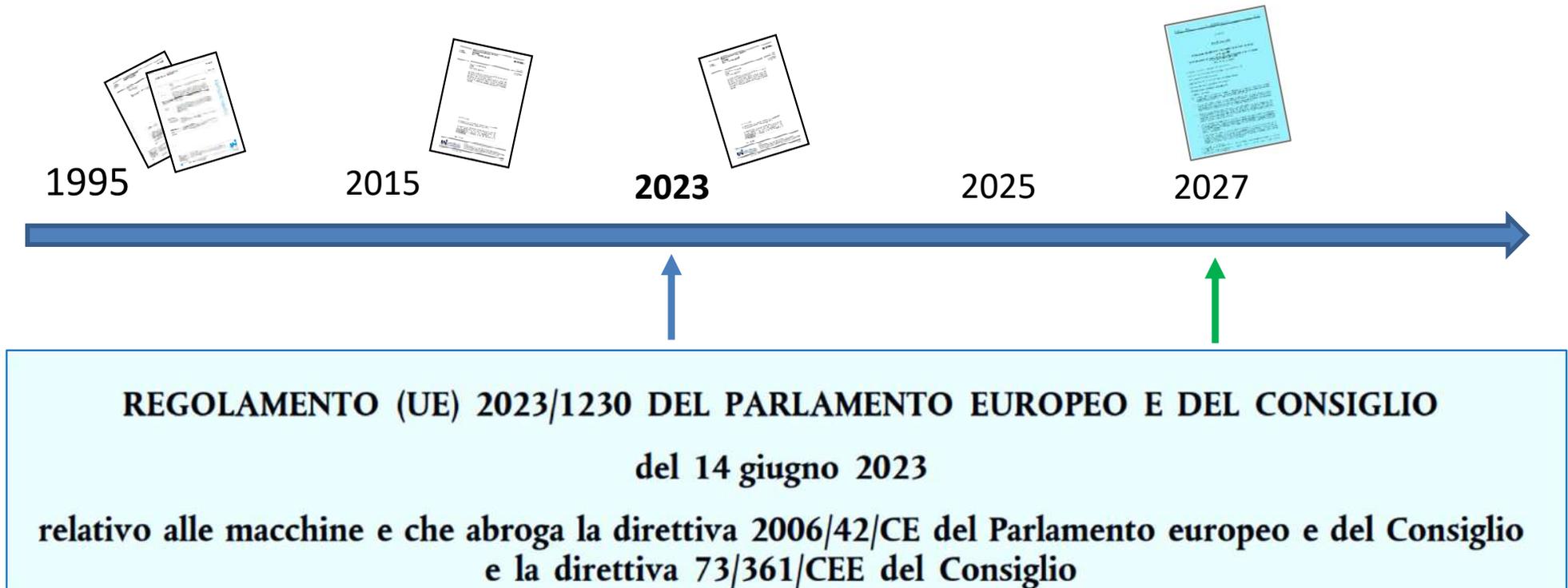


EN 16228 + A1: Drilling and foundation equipment: Safety

Transitorio



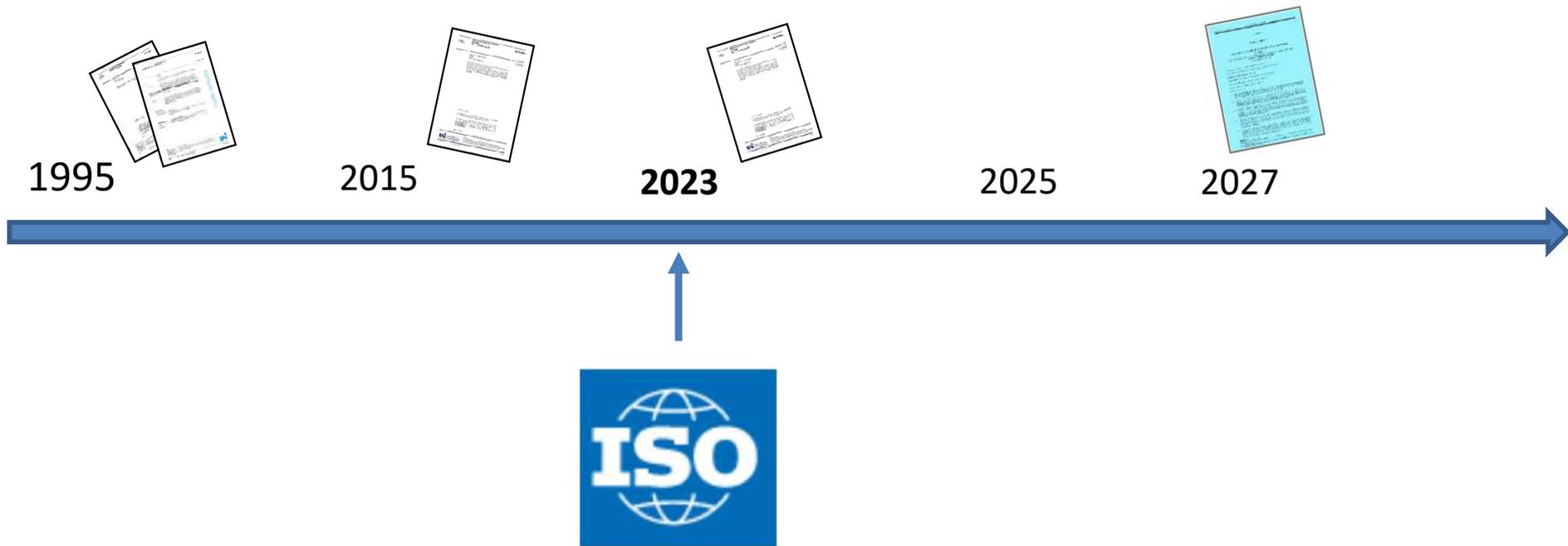
Altri elementi nello scenario:



- La Direttiva Macchine 2006/42/CE sarà abrogata da gennaio 2027
- Alcuni temi rilevanti:
 - Aspetti relativi alla «cybersecurity» (altre disposizioni es. DATA ACT etc...)
 - Protezione dei dati
 - Protezione dall'alterazione
 - ...



Altri elementi nello scenario:



- Inizio percorso a livello ISO per la redazione di un unico standard internazionale su *“Safety of drilling and foundation machinery»*
- Stabilito nel 2023 un gruppo di lavoro (ISO/TC 195/SC 3/WG 2)
- Presenza di costruttori italiani in qualità di delegati UNI
- Primo meeting - in data 5 settembre 2023



... alcuni aspetti sullo stato dell'arte



Alcuni aspetti sullo stato dell'arte per quanto riguarda:

- Ambito di applicazione EN 16228
- Resistenza meccanica
- Test statici e dinamici
- Mezzi di accesso per uso e manutenzione
- Manuali di istruzione
- Stabilità
- Sistemi di comando, sicurezza funzionale
- Immunità elettromagnetica
- Elettrificazione
- Protezione degli elementi mobili coinvolti nel processo operativo



Stato dell'arte

Attrezzature per perforazioni e fondazioni. Sicurezza

Parte 1	Prescrizioni generali
Parte 2	<i>Perforatrici mobili per lavori di ingegneria civile e geotecnica in terreno o miscela di terreno e roccia</i>
Parte 3	Attrezzature per perforazione orizzontale direzionata (HDD)
Parte 4	Attrezzature per fondazioni
Parte 5	Attrezzature per diaframmi
Parte 6	Attrezzature per jetting, cementazione e iniezione
Parte 7	Attrezzature ausiliarie intercambiabili

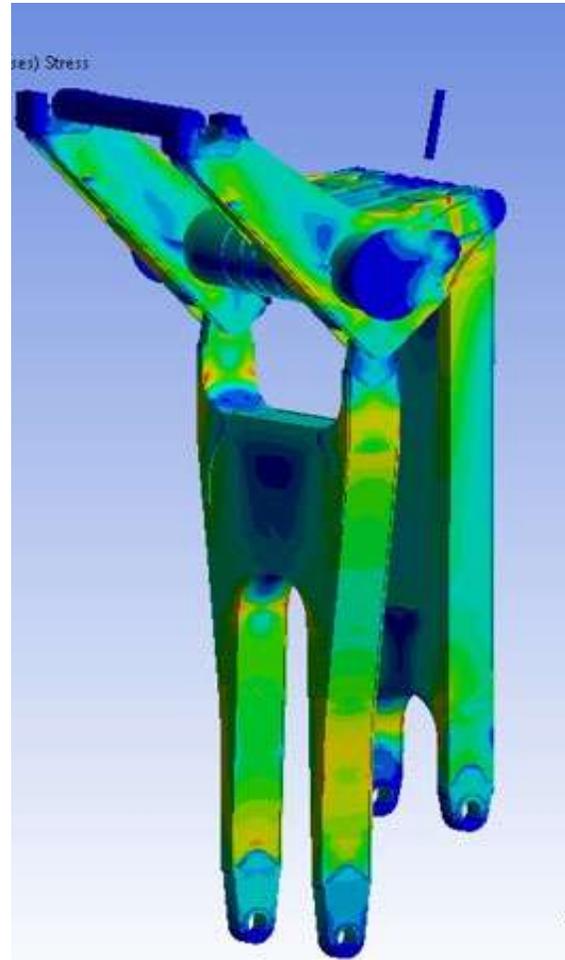
Esclusione delle macchine da cava o miniera es. jumbo



Resistenza meccanica

Definizione dei requisiti di resistenza e stabilità

- carichi e casi di carico (regolare, occasionale, eccezionale)
- metodi applicabili per le verifiche strutturali (analitico, FEA)
- verifiche da attuare (ove applicabili):
verifica delle sollecitazioni, **stabilità elastica e a fatica.**





Test statici e dinamici da effettuare sulle macchine

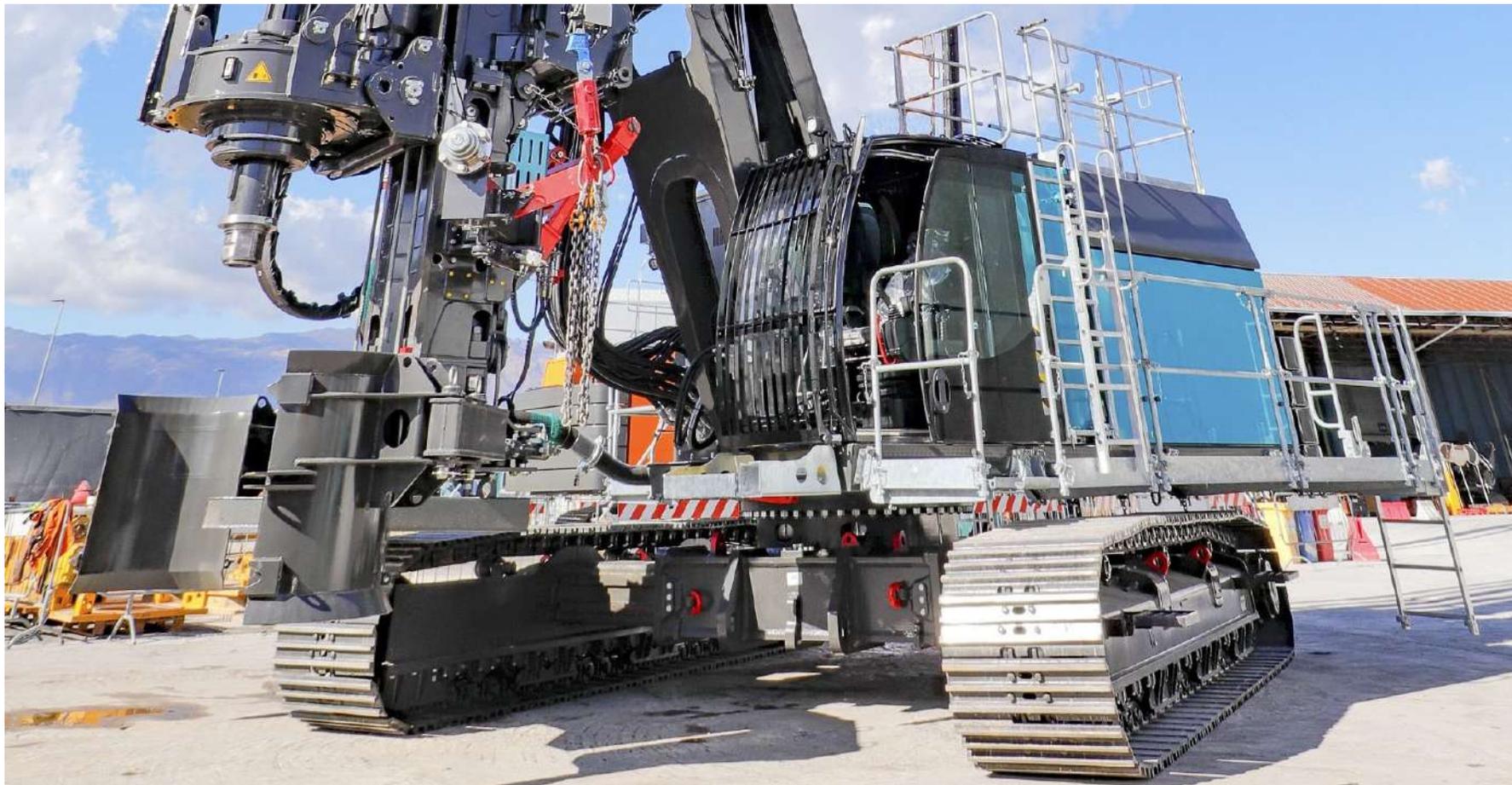
Es. tenuta argani, cilindri etc...





Accesso alle postazioni di lavoro, di intervento e ai punti di servizio

Progettazione e realizzazione di scale, piani di lavoro, parapetti e comandi a distanza. Sistemi per garantire l'accesso sicuro a postazioni di comando e manutenzione...



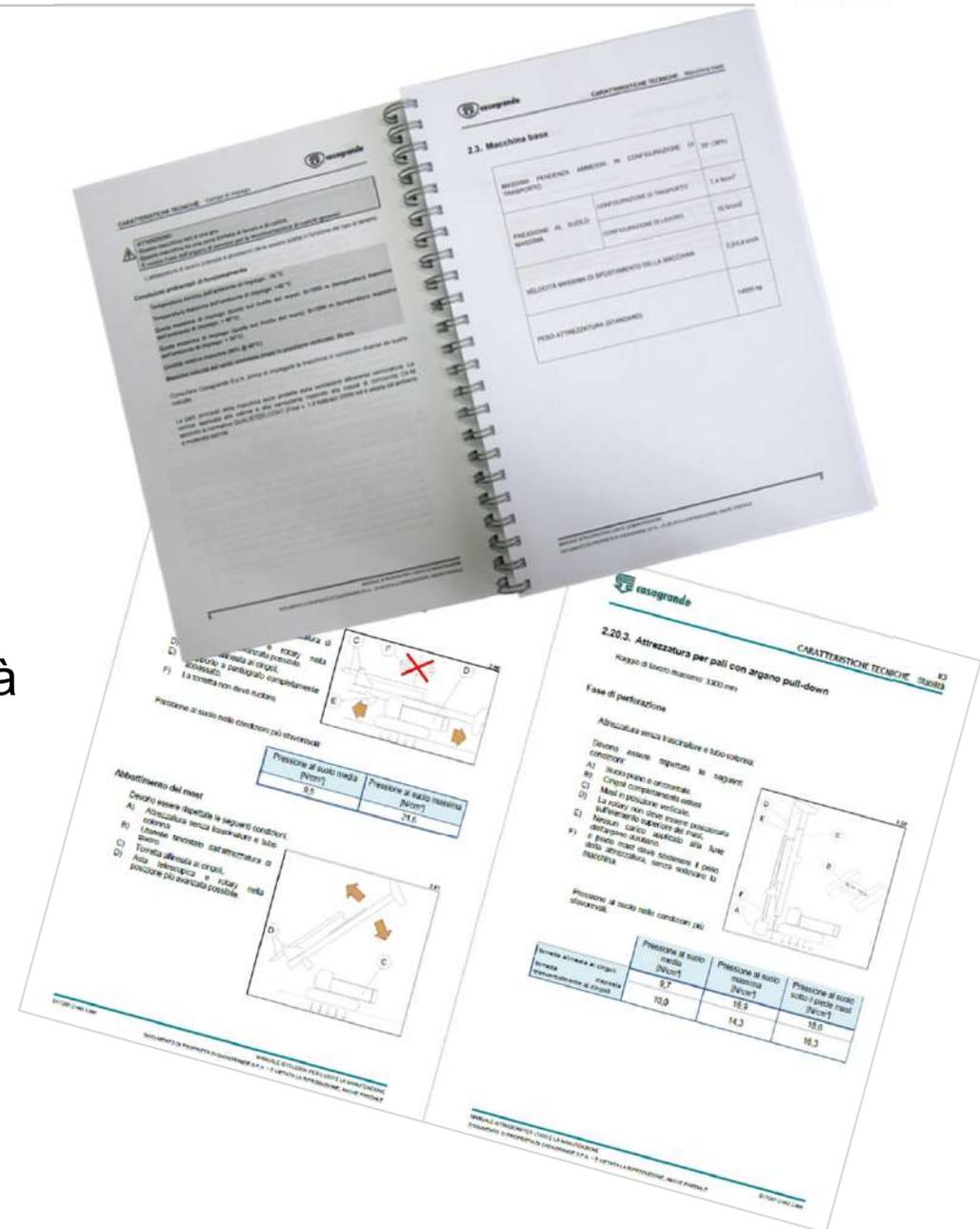


Manuali di istruzione

Ridefinizione e integrazione delle informazioni minime da inserire nei manuali di uso e manutenzione.

Es. revisione delle condizioni di stabilità etc...

Importanza del rischio residuo





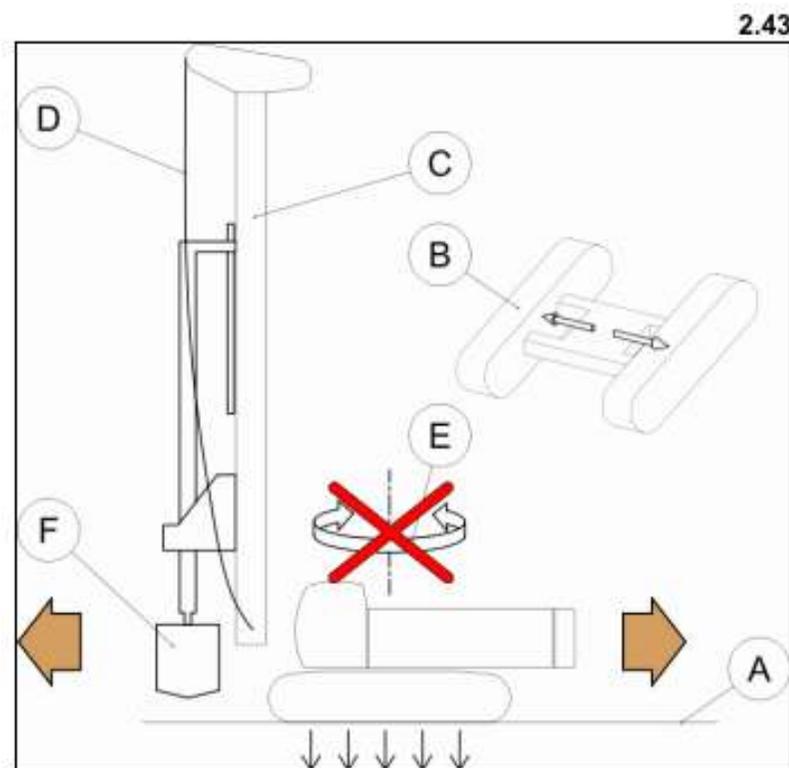
Stabilità



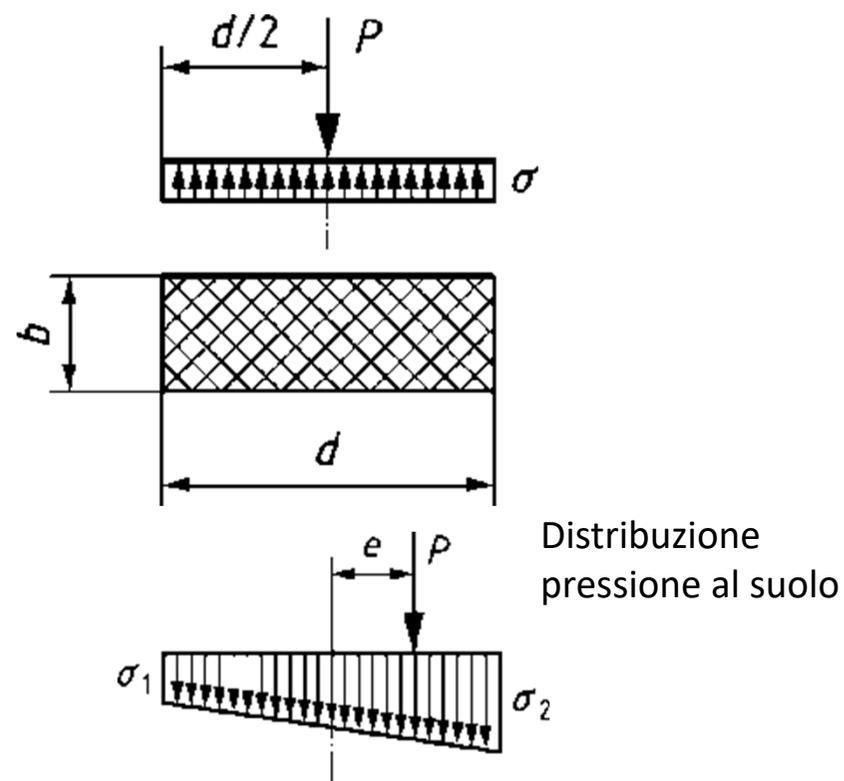


Stabilità

Il costruttore verifica la stabilità delle macchine secondo la EN 16228.
Il metodo di calcolo è definito per tutte le macchina da fondazione delle **condizioni di stabilità** e di determinazione della **pressione al suolo**.



Definizione condizioni di lavoro





Stabilità

Il costruttore applica, se del caso, sistemi di limitazione (finecorsa, sensori etc...) e redige dettagliate istruzioni di uso e manutenzione.

2.2.3. Macchina base

MODELLO	POTENZA	ARGENTO	PIÙ	REGOLAZIONE	PIÙ	DI	DI

2.2.3.1. Spostamento della macchina con il mast in posizione orizzontale

Devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- Attrezzatura senza braccio e tubo colonna.
- Utensile svincolato dall'attrezzatura di lavoro.
- Atta telescopica a rotary nella posizione più avanzata possibile.
- Torretta allineata ai circoli.
- Supporto a pantografo completamente abbassato.
- La torretta non deve ruotare.

Pressione al suolo nelle condizioni più sfavorevoli:

Pressione al suolo media [N/cm ²]	Pressione al suolo massima [N/cm ²]
9,5	21,6

2.2.3.2. Abbattimento del mast

Devono essere rispettate le seguenti condizioni:

- Attrezzatura senza braccio e tubo colonna.
- Utensile svincolato dall'attrezzatura di lavoro.
- Torretta allineata ai circoli.
- Atta telescopica a rotary nella posizione più avanzata possibile.

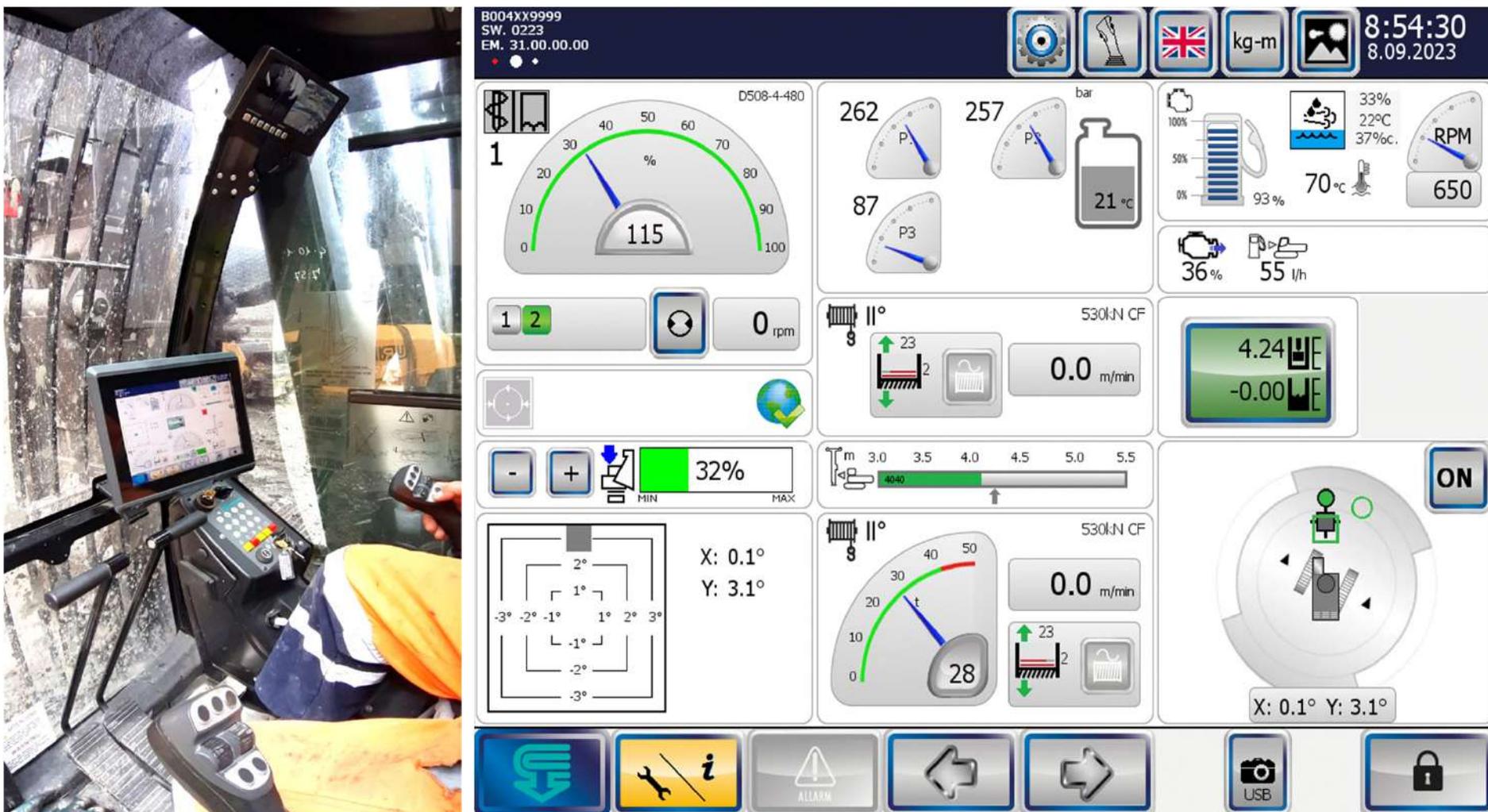
Pressione al suolo nelle condizioni più sfavorevoli:

Pressione al suolo media [N/cm ²]	Pressione al suolo massima [N/cm ²]	Pressione al suolo sotto il piede mast [N/cm ²]
9,7	16,9	10,6
10,0	14,3	16,3



Stabilità

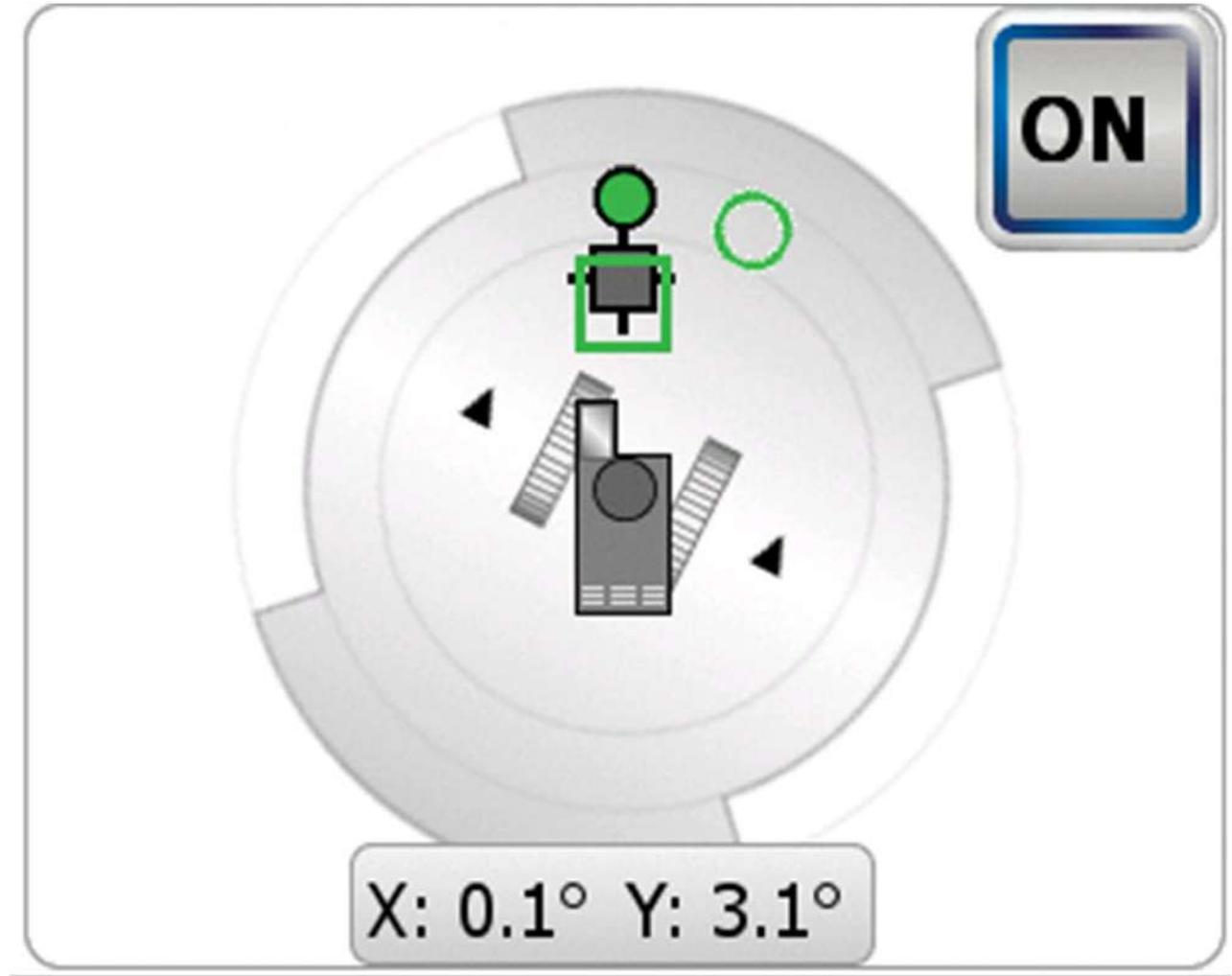
Visualizzazione e controllo diretto in cabina – posizione di lavoro ammessa





Stabilità

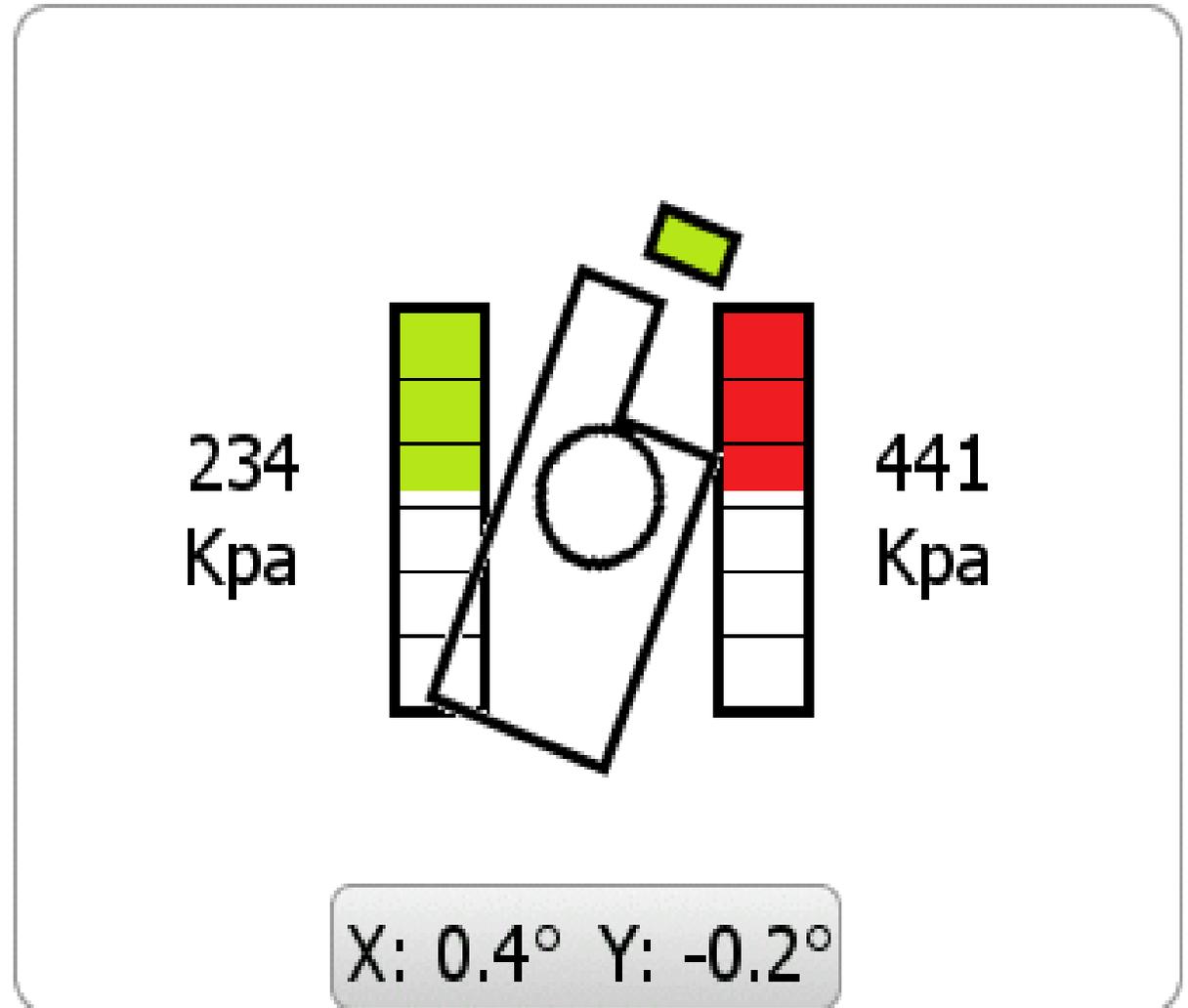
Visualizzazione e controllo diretto in cabina – posizione di lavoro ammessa





Stabilità

Visualizzazione e controllo diretto in cabina – Visualizzazione ground pressure





Stabilità

ATTENZIONE

Le condizioni di stabilità sono verificate secondo il **metodo del corpo rigido** e con l'assunzione che la superficie di lavoro sia **terreno solido** (*firm ground*)



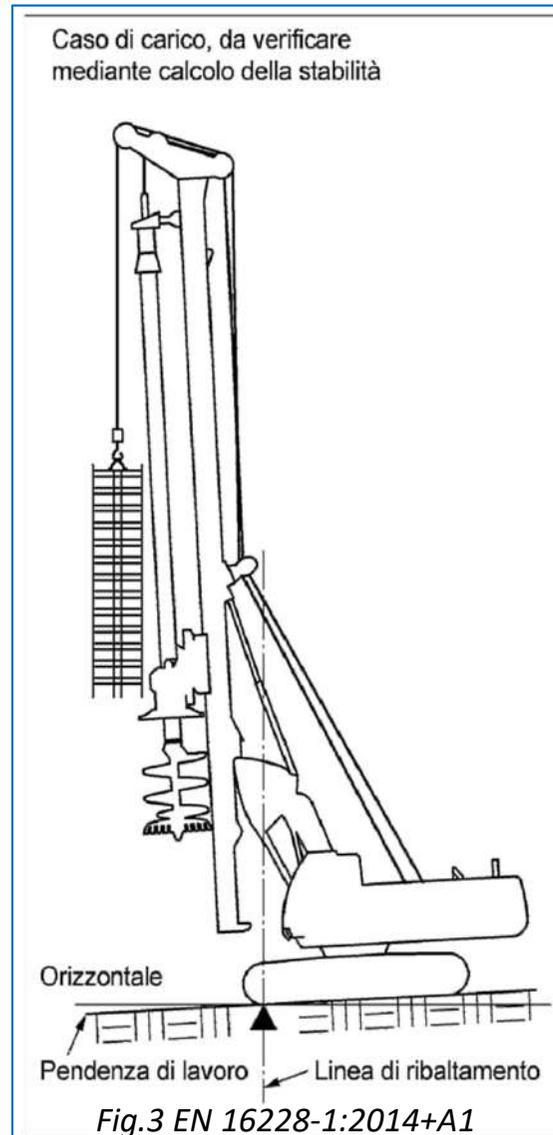


Stabilità - caso argano ausiliario

Il costruttore calcola la stabilità della macchina anche per quanto riguarda l'uso dell'argano ausiliario. I limiti di impiego e le modalità sono specificate nei manuali di uso e manutenzione.

Le perforatrici non sono delle GRU !

...





Stabilità e argano ausiliario

*Testo in italiano tratto dalla EN 16224-1:2014.
Invariato nella revisione 2022

5.8 Verricelli, argani, e funi

5.8.1 Generalità

I verricelli, le funi e le pulegge che sono parti integranti delle attrezzature per perforazione e di fondazione e direttamente coinvolte nel processo di perforazione e fondazione devono soddisfare i requisiti indicati nei punti 5.8.3 e 5.8.4.

Nota Tali sistemi sono:

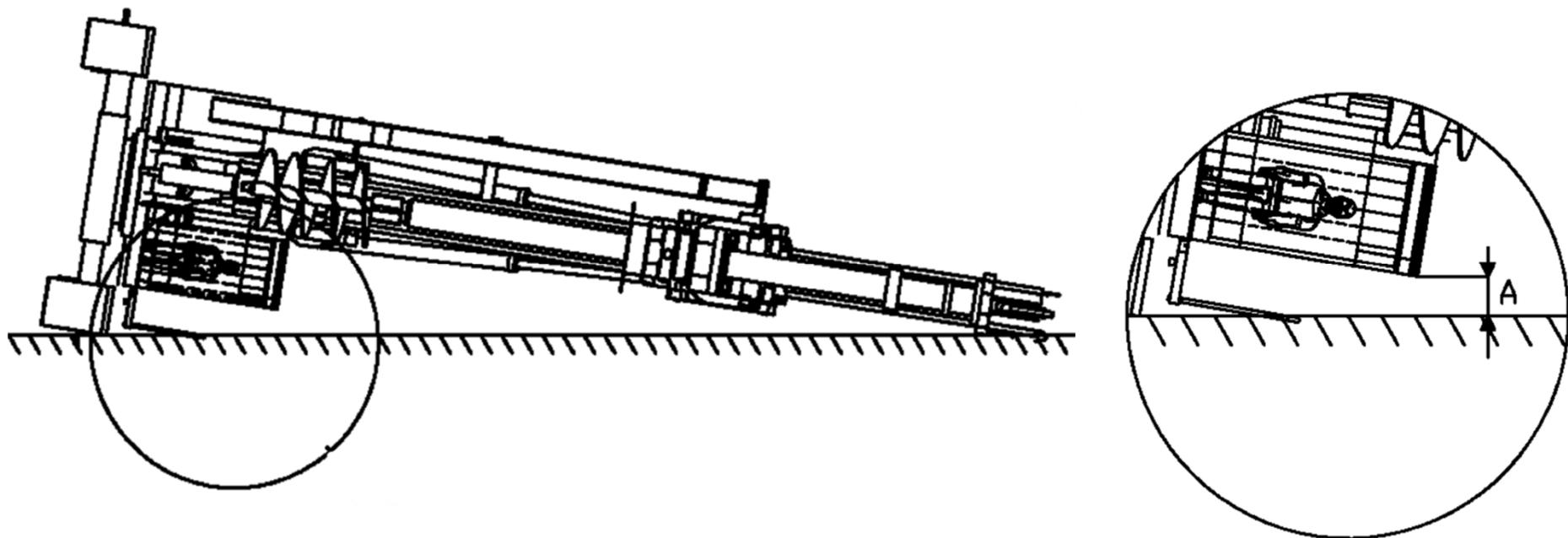
- sistemi che azionano aste di perforazione, scalpelli, aste telescopiche, benne a martello, martelli a caduta libera, martelli per palificazione e altri utensili a impatto, a caduta libera, a caduta controllata o a discesa comandata;
- sistemi che azionano aste di perforazione, rivestimenti, utensili e altri accessori all'interno e all'esterno del foro di perforazione;
- sistemi che movimentano vibratori, pali, palancole, elementi di rinforzo, alla e dall'attrezzatura di perforazione e fondazione;
- sistemi che facilitano l'assemblaggio, la sostituzione e lo smontaggio di attrezzature e utensili;
- sistemi di avanzamento a fune;
- qualsiasi altro sistema che utilizzi verricelli, funi e carrucole per qualsiasi altro scopo diverso dal sollevamento di merci e di persone.



Stabilità - Postazione operatore

Se c'è il rischio di ribaltamento durante le operazioni di spostamento deve essere provvista una delle seguenti opzioni:

- a) Postazione operatore alternativa es. radiocomando
- b) Struttura di protezione TOPS (Tip Over Protective Structure) per macchine fino a fino 50 t massa
- c) Zona di **protezione geometrica**

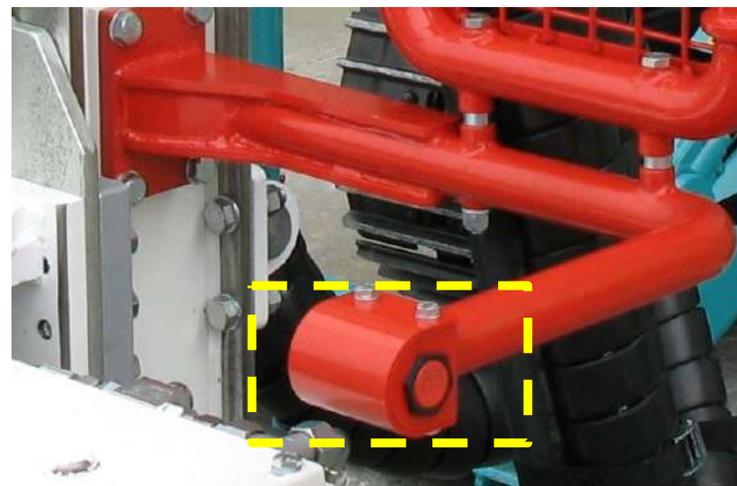
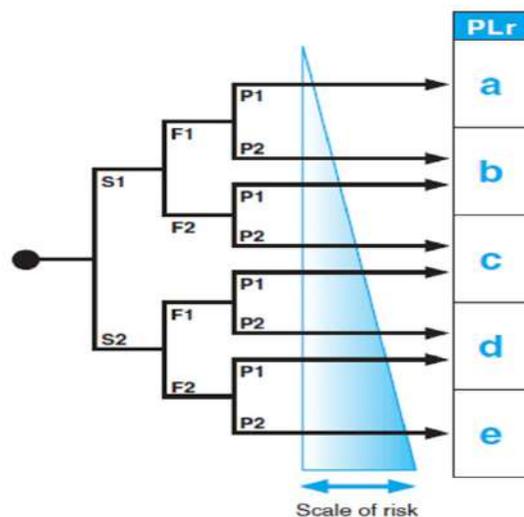




Sistemi di comando, sicurezza funzionale

Lista dei Performance Level minimi richiesti dai sistemi di controllo per determinate funzioni.

Attenzione alla scelta dei componenti e analisi della catena di comando



Es. interruttori di sicurezza in applicazioni di sicurezza



Compatibilità elettromagnetica (EMC)

Il settore vede incremento di impiego di componenti elettronici e di alimentazioni elettriche.

Cap. 5.3.3. (nuovo) con richiesta di assicurare l'immunità elettromagnetica (EMC)

5.3.3 Electromagnetic compatibility (EMC)

The electrical equipment shall not be appropriate for its intended operating environment if it does not provide a sufficient level of immunity to electromagnetic interference in its operating environment.

Machines connected to an external electrical supply shall comply with EN IEC 61000-6-4:2019 with respect to emission limits.

Machines powered by internal components shall comply with EN ISO 13766-2:2018.

NOTE Tests are carried out either in an EMC chamber (Electrical/electronic subassemblies) or in an EMC chamber.

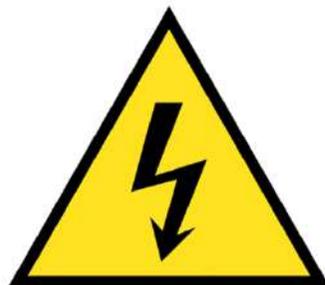
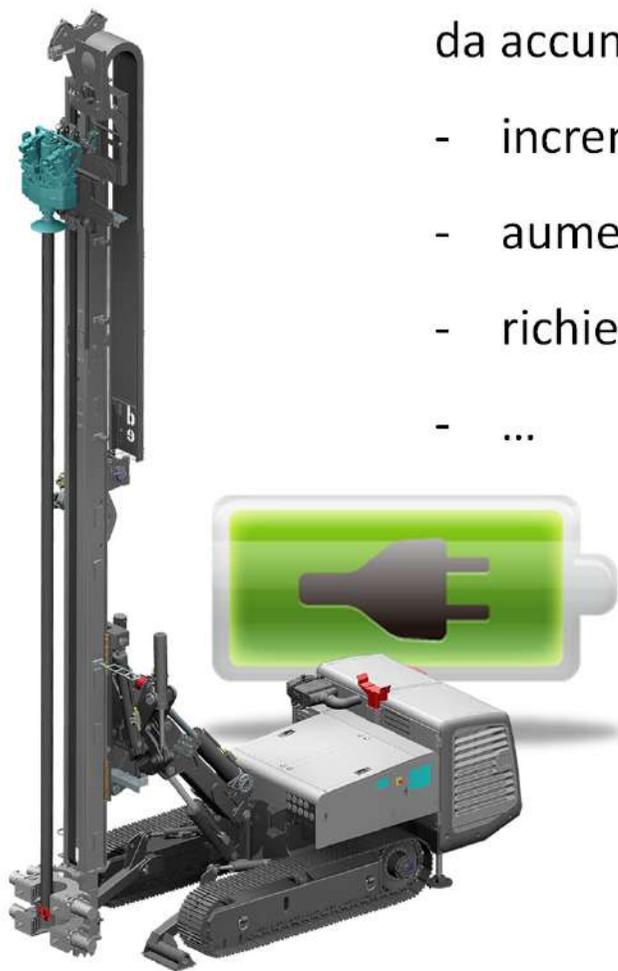




Elettificazione

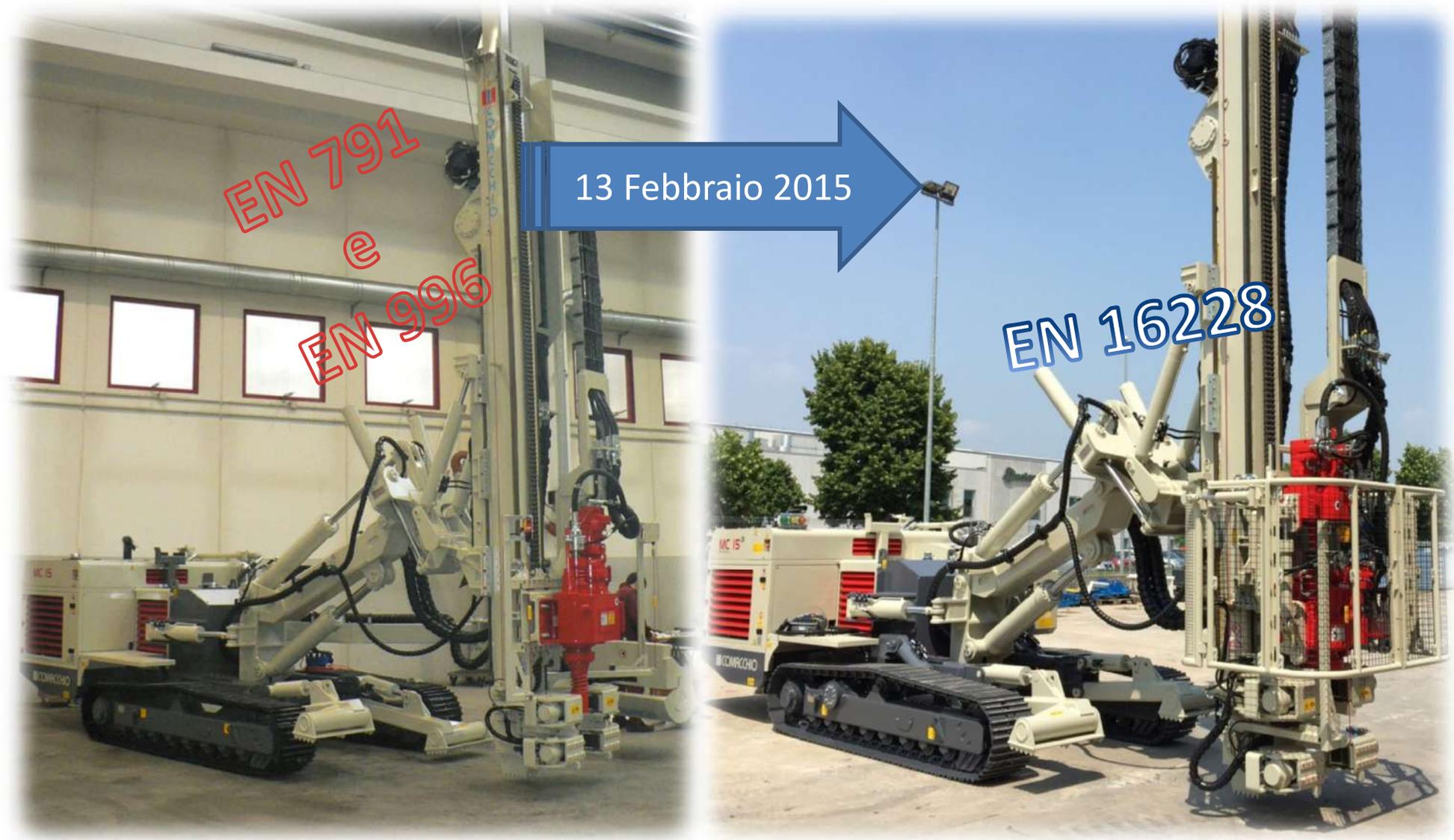
Disponibilità di macchine elettrificate con alimentazione da rete o da accumulatori comporta:

- incremento del rischio elettrico (es. AC 400 V, DC 700 V)
- aumento del rischio di incendio, ambientale (es. accumulatori)
- richiesta di personale qualificato (PES, PAV, PEI da CEI 11-27)
- ...





Protezione degli elementi mobili coinvolti nel processo operativo





*EN 16228: introduzione di
misure di protezione
aggiuntive*



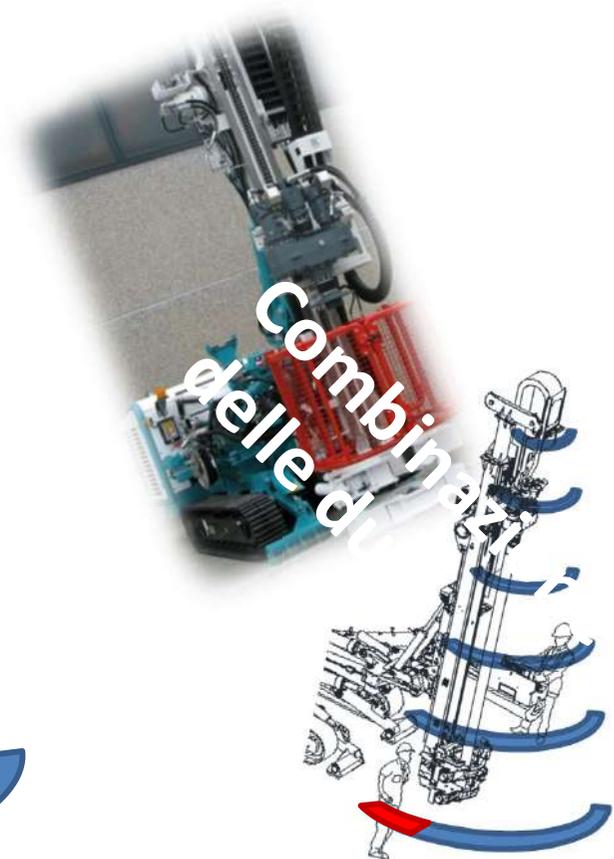
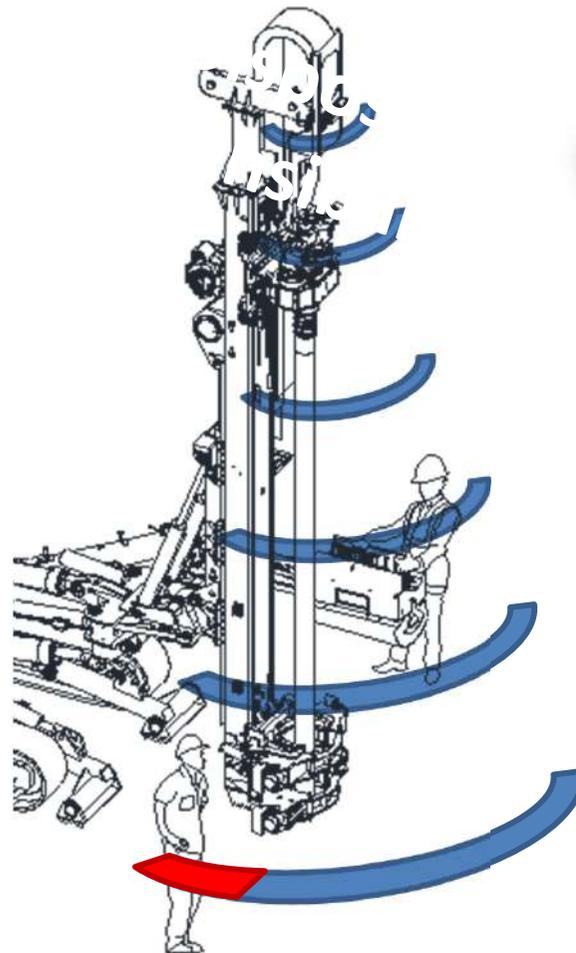
*protezione contro
elementi mobili*



*Rotazione e Avanzamento della testa
di perforazione*



EN 16228-1: dove possibile l'accesso alle parti mobili coinvolte nel processo di perforazione si devono scegliere delle misure di protezione tra le seguenti:



Caratteristiche costruttive della protezione



Le principali caratteristiche della protezione richieste dalla EN 16228-2 sono le seguenti:

Dimensioni e altezze di riferimento

- **Parte inferiore**

max 500 mm da piede mast

oppure

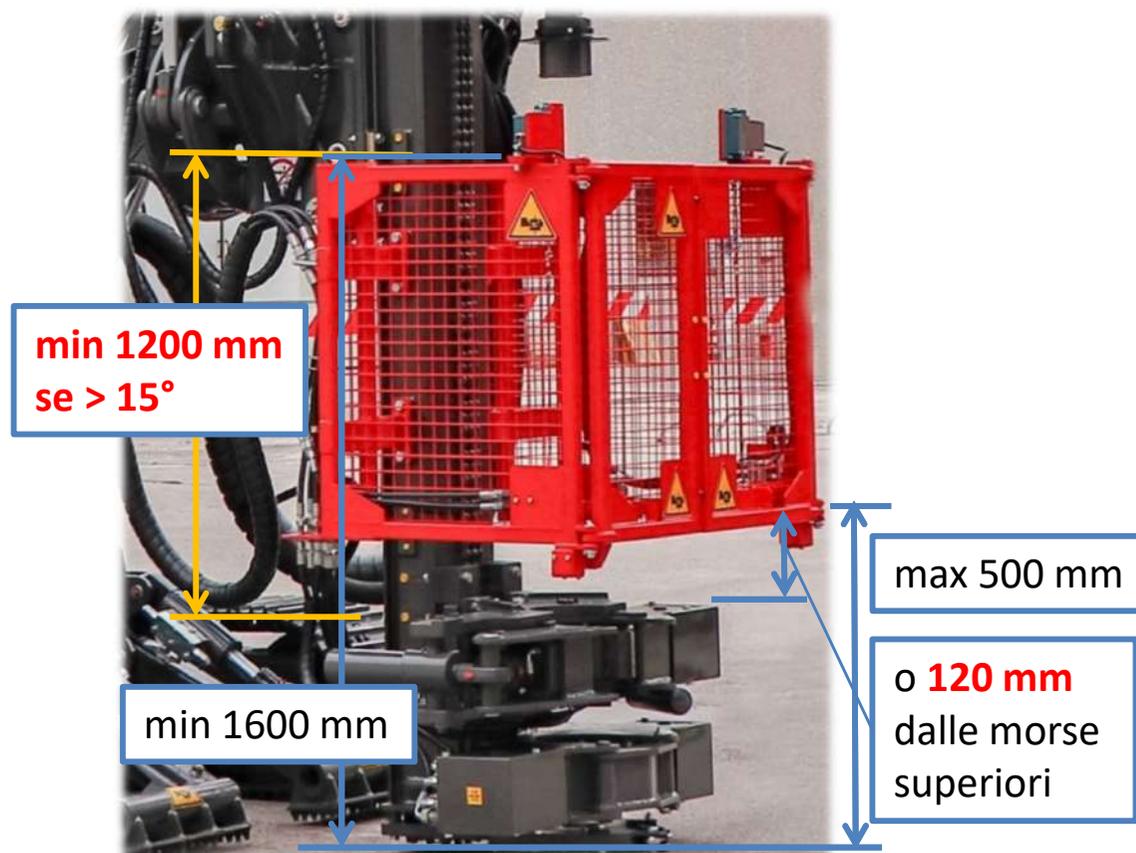
max **120 mm** dalla morsa superiore

- **Parte superiore**

min 1600 mm da piede mast

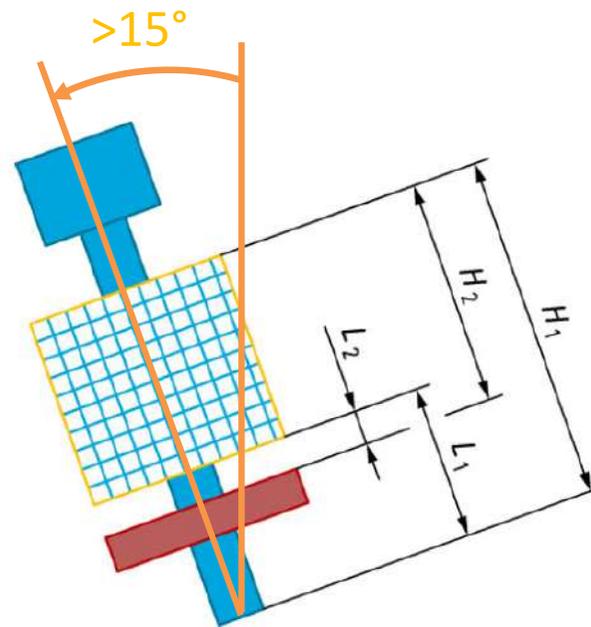
e

min 1200 mm se inclinazione >15°





Le principali caratteristiche della protezione richieste dalla EN 16228-2 sono le seguenti:



$H_1 \geq 1\,600\text{ mm}$ and $H_2 \geq 1\,200\text{ mm}$

$L_1 \leq 500\text{ mm}$ or $L_2 \leq 120\text{ mm}$

Key

L_1 maximum height of the bottom edge of the guard from the base of mast foot

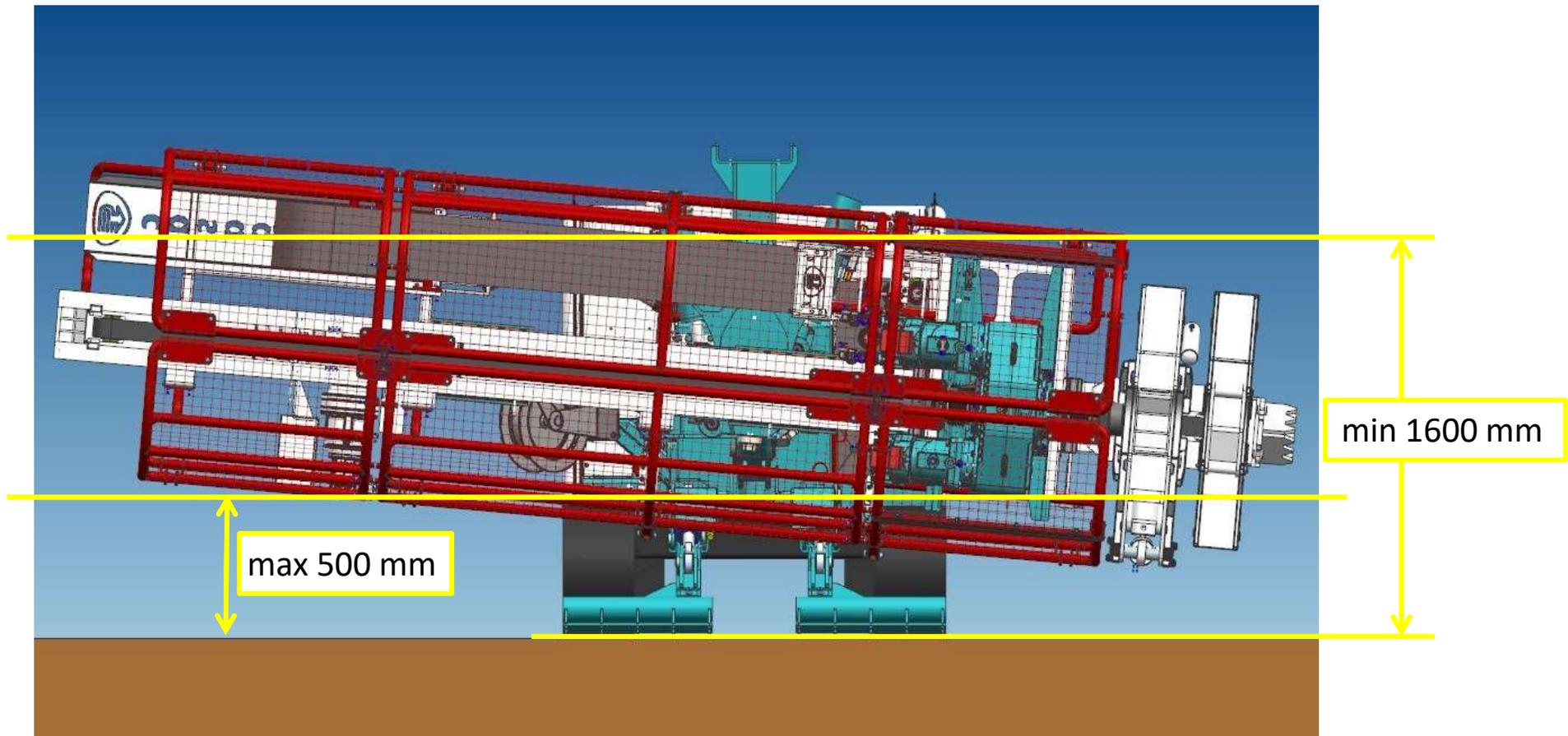
L_2 maximum height of the bottom edge of the guard above the upper clamps or rod/auger guide measured with the clamp in its lowest position

H_1 upper level of the guard from the base of mast foot

H_2 extension of the guard above the upper clamps or rod/auger guide

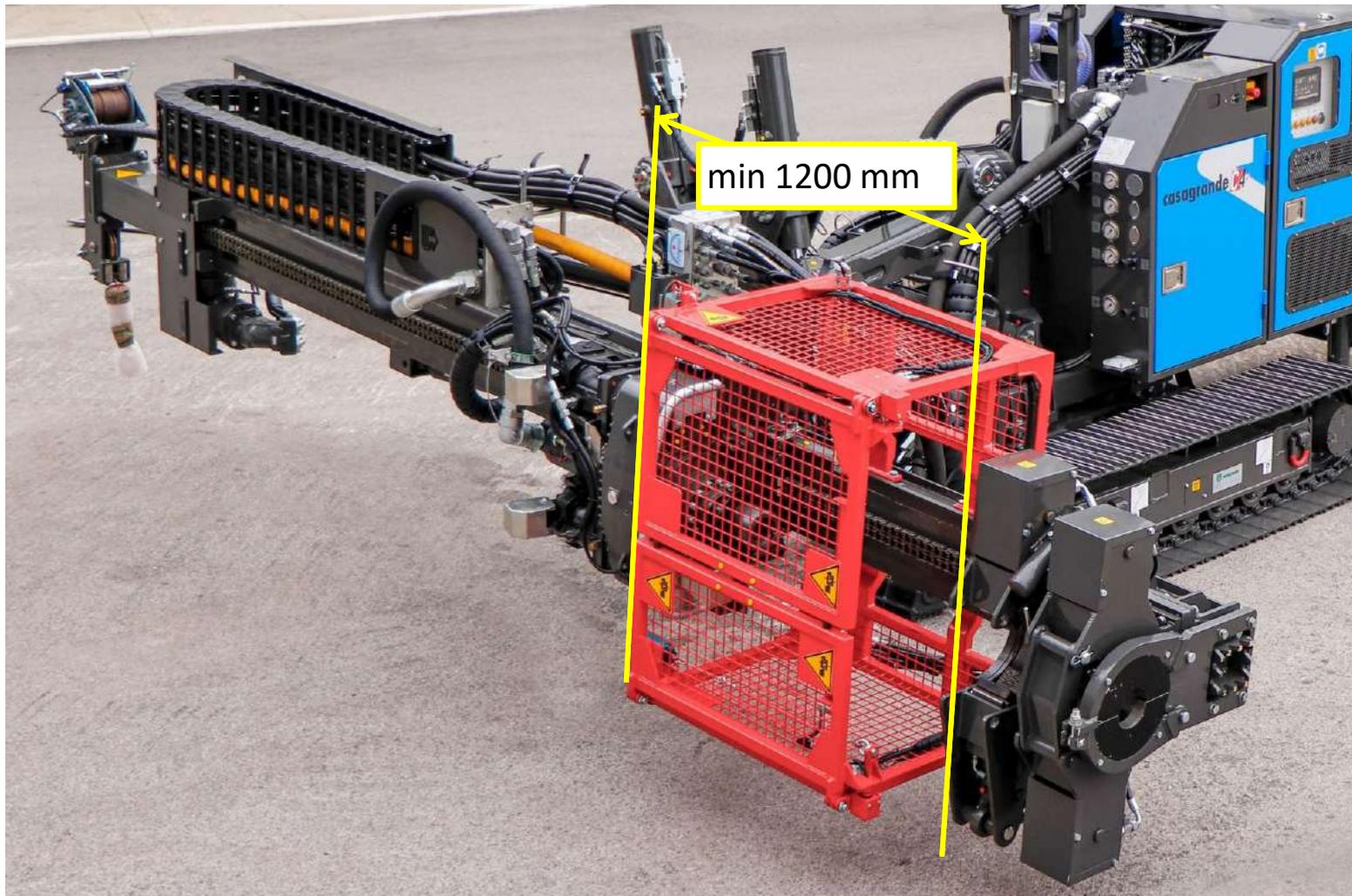


Diversamente dalla prima versione della EN 16228-2:2014, il nuovo emendamento normativo **NON** richiede...



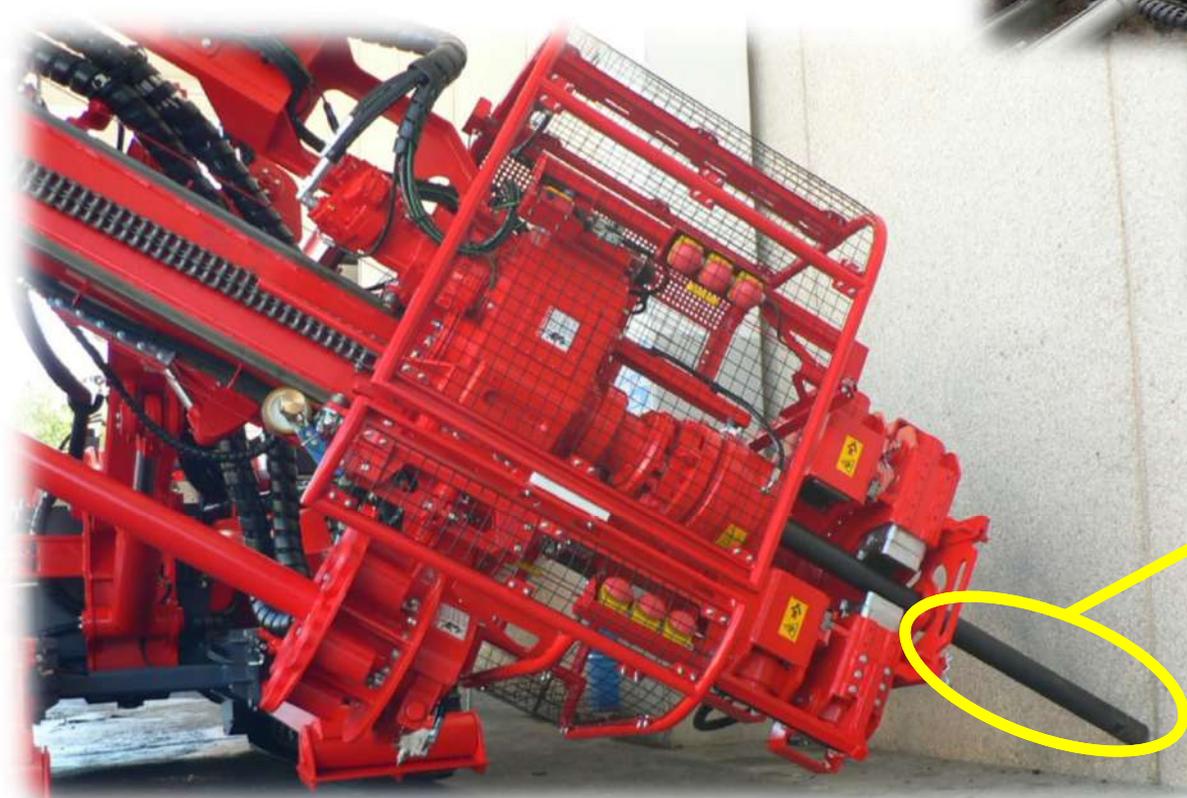


Dovrà esser rispettata però la condizione di un'altezza della protezione di **almeno 1200 mm** dal piano della morsa superiore.





Parte di asta esterna



*EN 16228-1:
il costruttore della macchina
non è tenuto a prevedere
ripari (il rischio è gestito in
cantiere secondo le istruzioni)*



Protezione meccanica - Tipologie

Standard



Ridotte



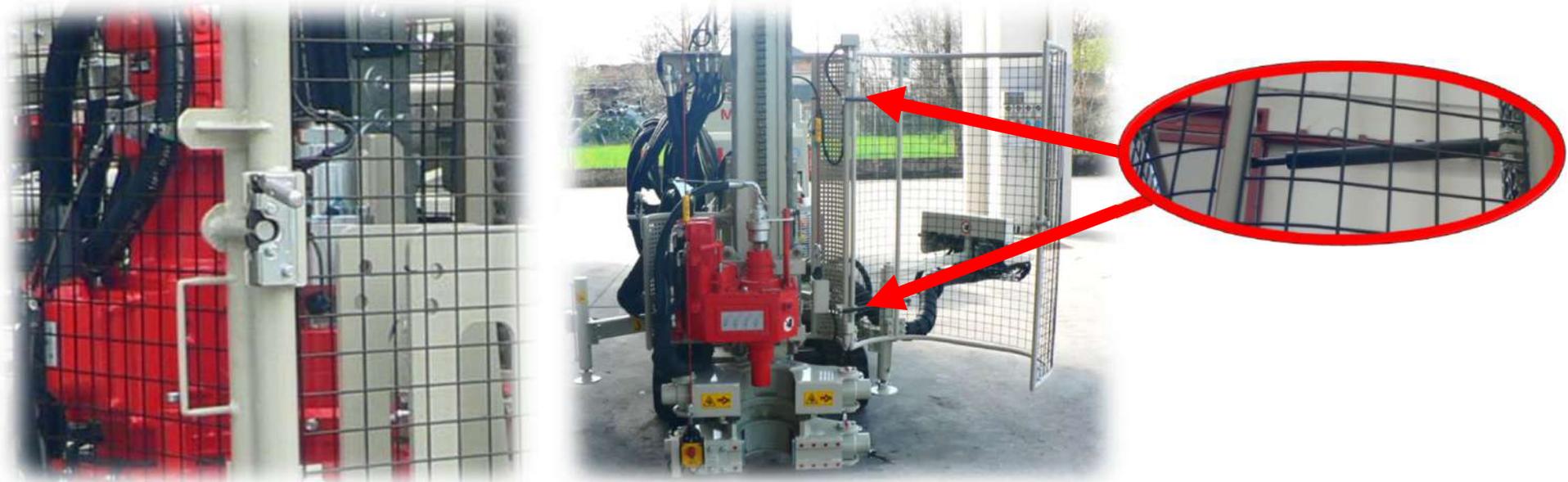


Per effettuare il "cambio asta" l'operatore ha necessità di accedere alla zona di perforazione.

l'apertura (manuale o motorizzata) della protezione o l'attivazione del dispositivo di protezione sensibile determinano l'arresto della macchina

esempio:

protezione meccanica - Apertura Manuale





Caratteristiche costruttive della protezione

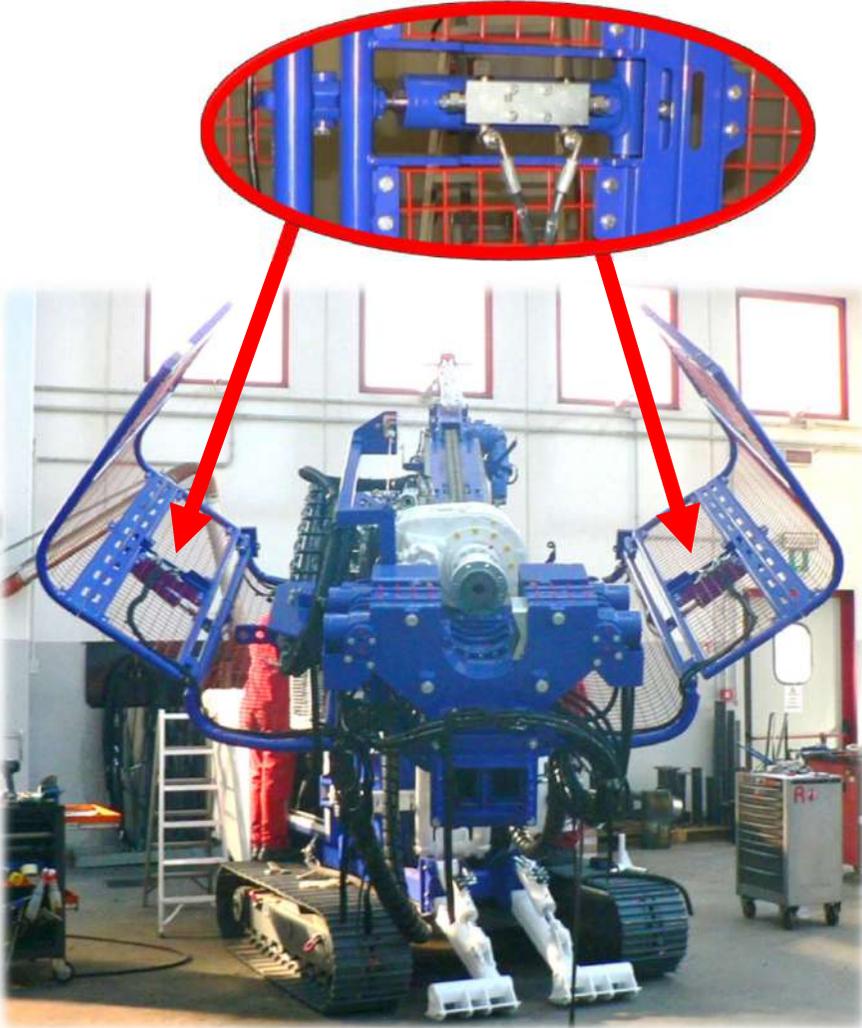
esempio: protezione meccanica - Apertura Manuale





Caratteristiche costruttive della protezione

**esempio:
protezione meccanica - Apertura Idraulica**





***esempio:
protezione meccanica - Apertura Idraulica***



Caratteristiche costruttive della protezione



L'accesso alla zona di perforazione blocca movimenti pericolosi di rotazione e avanzamento della testa di perforazione

Esempi di sensori atti a sorvegliare l'apertura della protezione meccanica

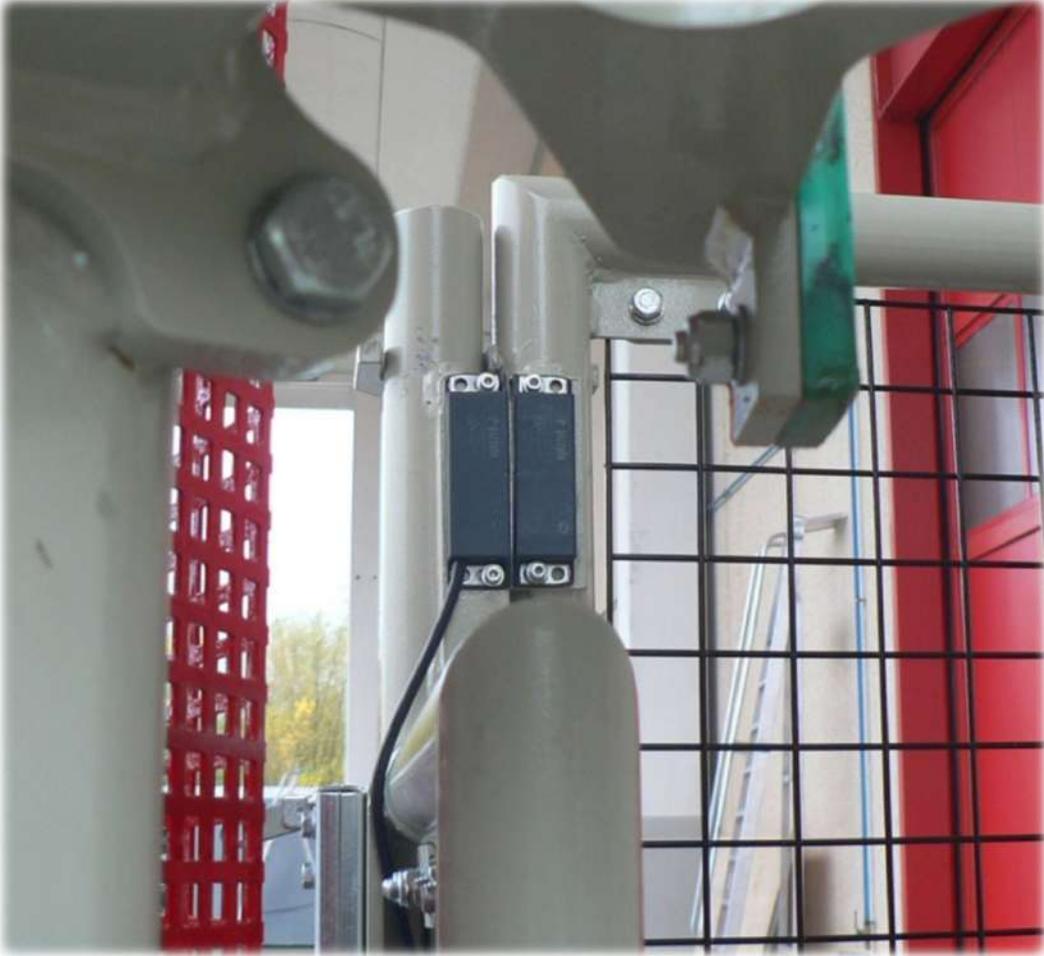
Rotativi





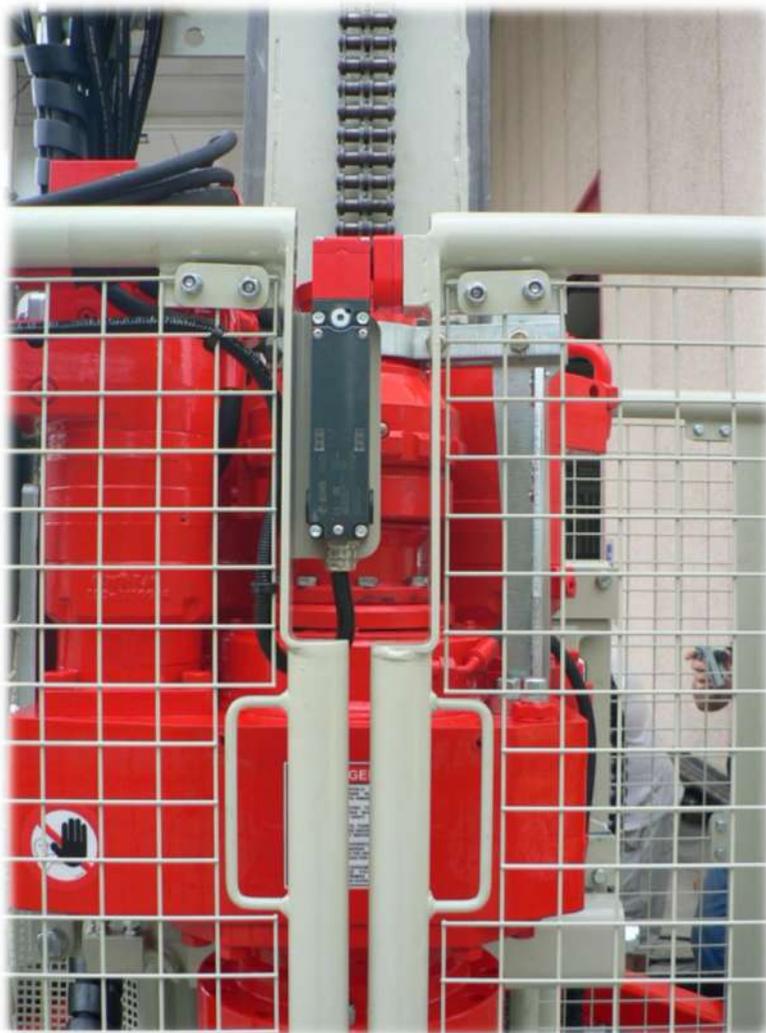
Caratteristiche costruttive della protezione

*Esempi di sensori atti a sorvegliare l'apertura della protezione meccanica
RF-ID e Magnetici codificati*





Esempi di sensori atti a sorvegliare l'apertura della protezione meccanica
Interblocco

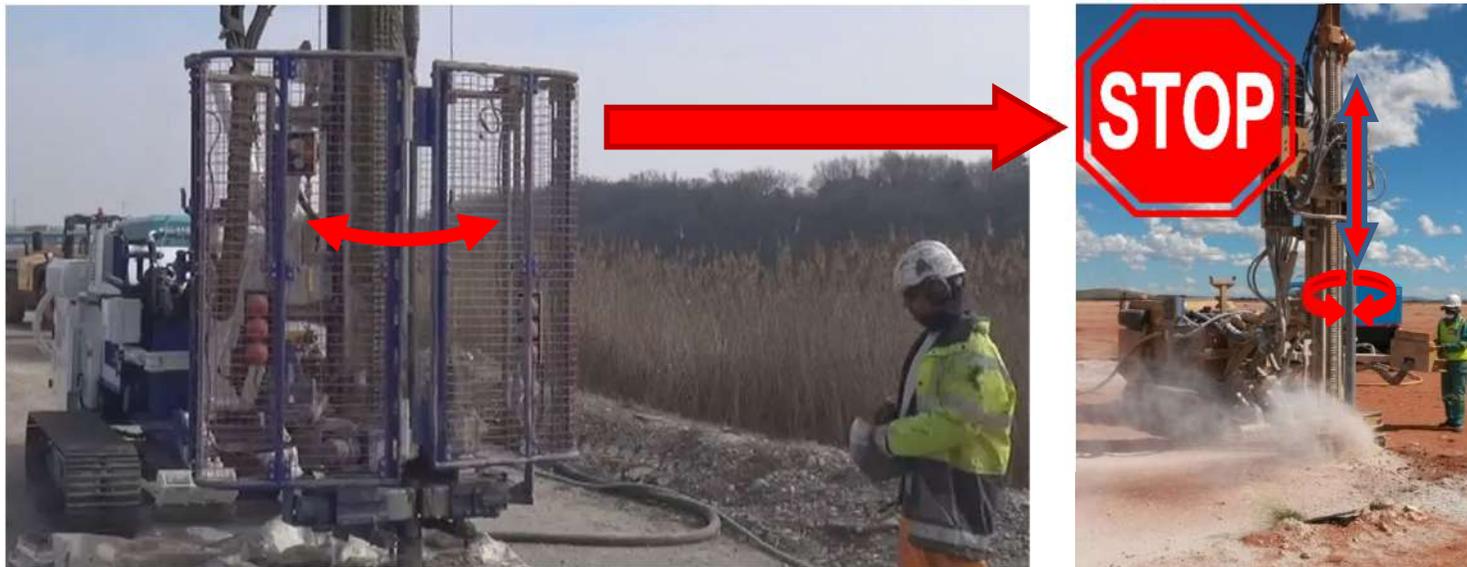




NORMALE

- Lavoro con tutti i comandi attivi
- Massima velocità rotazione e avanzamento con comandi **automatici**

MODALITA' RIDOTTA (ROM) (Restricted Operating Mode)



EN 16228-1: per l'accesso alla zona di perforazione l'operatore potrà, tramite selettore modale bloccabile, utilizzare i comandi rotazione e avanzamento solo in modalità di funzionamento ridotta (R.O.M.),

- Comandi di avanzamento e rotazione **ad azione mantenuta (hold-to-run)**
- Rotazione testa max **30 giri/min**
- Avanzamento max **15 m/min**



Completata la fase di carico/scarico aste, dopo essersi allontanato e aver ripristinato la protezione, per riprendere le operazioni di normale funzionamento, l'operatore deve agire sul pulsante situato sul pannello di comando o sul radiocomando.

Pannello di comando



Radiocomando





Buona parte dei lavori di consolidamento sono effettuati in spazi ristretti, a filo muro...





SPECIALE

EN 16228-1:2014: per questo si ricorre all'utilizzo della modalità speciale che prevede di poter disattivare completamente o parzialmente i sistemi di protezione per eseguire il lavoro nelle normali condizioni operative, ma con ulteriori prescrizioni di sicurezza:

- *attivazione attraverso interruttore modale bloccabile*





- *controlli di avanzamento e rotazione ad azione mantenuta (hold-to-run)*
- *durante il carico/scarico delle aste di perforazione deve essere attiva la modalità ridotta*
- *sensore che attivi automaticamente l'utilizzo della modalità a funzionamento ridotto per la manipolazione degli organi nella zona pericolosa*
- *l'operatore non deve avere la possibilità di raggiungere le parti coinvolte nel processo di perforazione dalla stazione di comando*
- *cavo di lunghezza ridotta nel caso di telecomando*





SPECIALE REMOTA

EN 16228-1:2022: Se con la speciale selezionata, non è possibile avere la stazione di comando fuori dalla zona pericolosa e con piena visibilità dell'area operativa

- *Ammesso l'uso del radiocomando*
- *Selettore modale bloccabile (scelta volontaria e motivata in aggiunta alla SPECIALE)*

AREA PERICOLOSA

L'operatore non deve non deve essere presente in questa zona

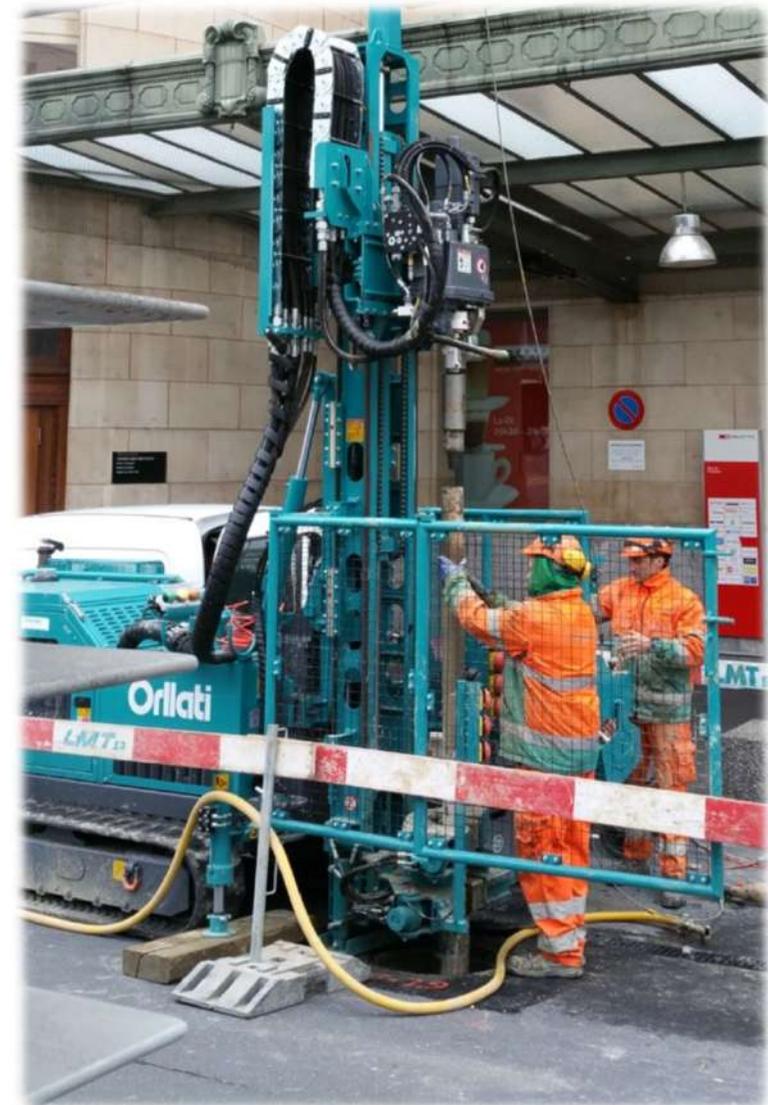
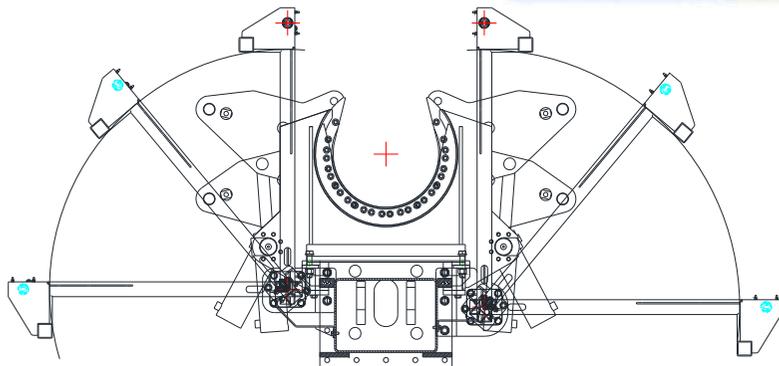




L'accesso alla zona di perforazione richiede **in ogni caso,**

MODALITA' RIDOTTA
da EN 16228-1:2022

- *dispositivi sensibili di emergenza a pressione aggiuntivi*

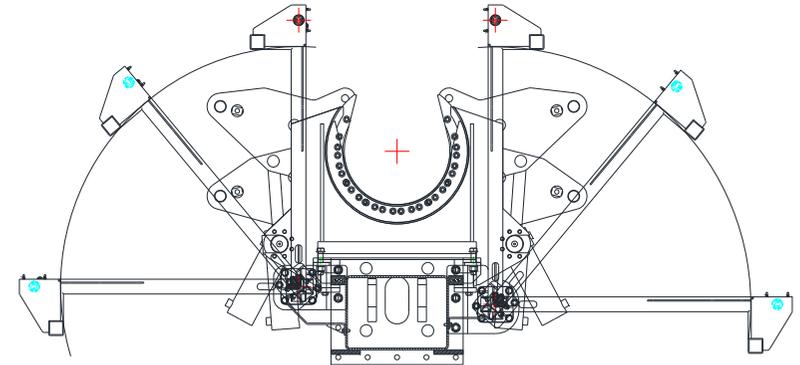




L'accesso alla zona di perforazione richiede **in ogni caso,**

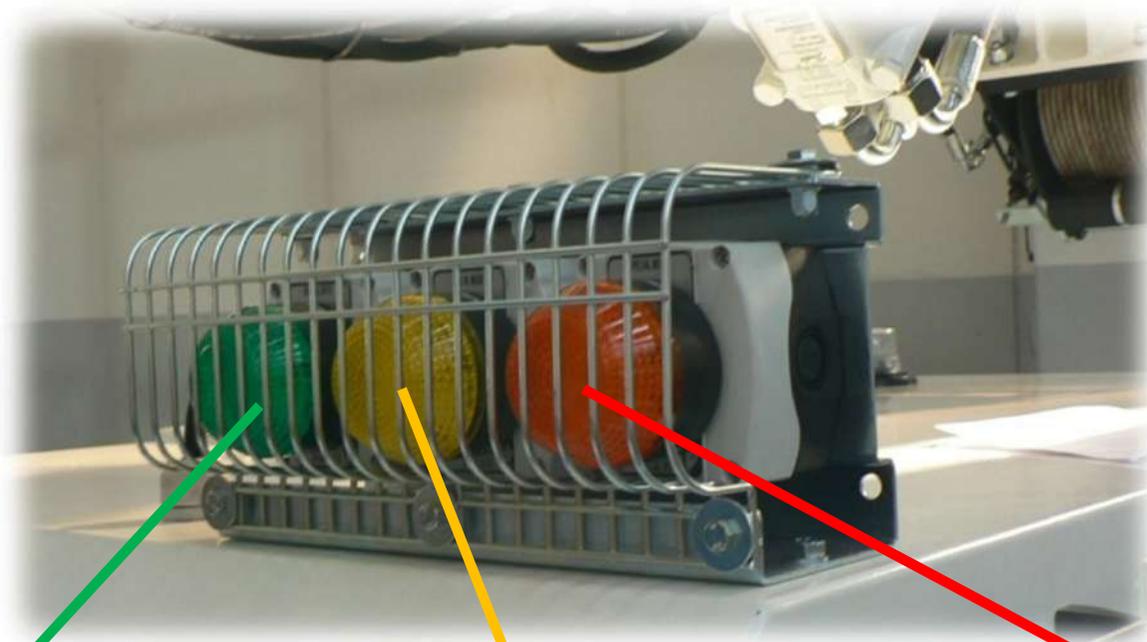
MODALITA' SPECIALI da EN 16228-1:2014

- *dispositivi sensibili di emergenza a pressione aggiuntivi*





In tutte le fasi di lavoro differenti nella macchina perforatrice devono essere presenti dei segnalatori visibili a tutto il personale per avvisarlo dello stato in cui si trova la macchina.



Indicatore della
modalità NORMALE

Indicatore della
modalità RIDOTTA

Indicatore della
modalità SPECIALE

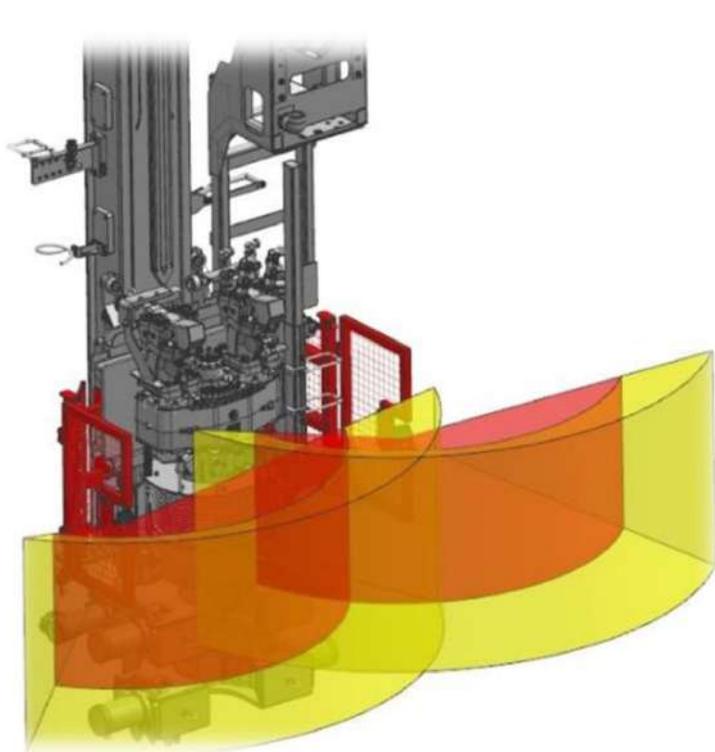


Protezione con dispositivi sensibili – Fase sperimentale



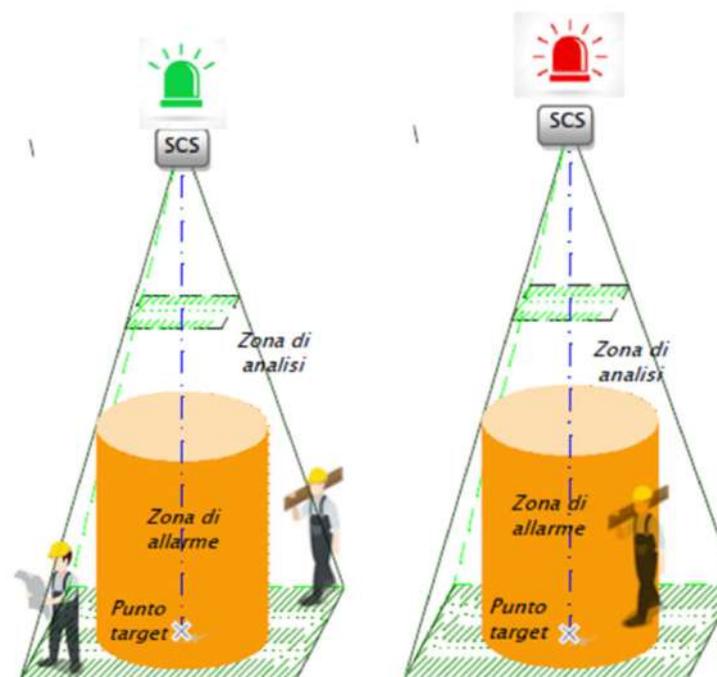
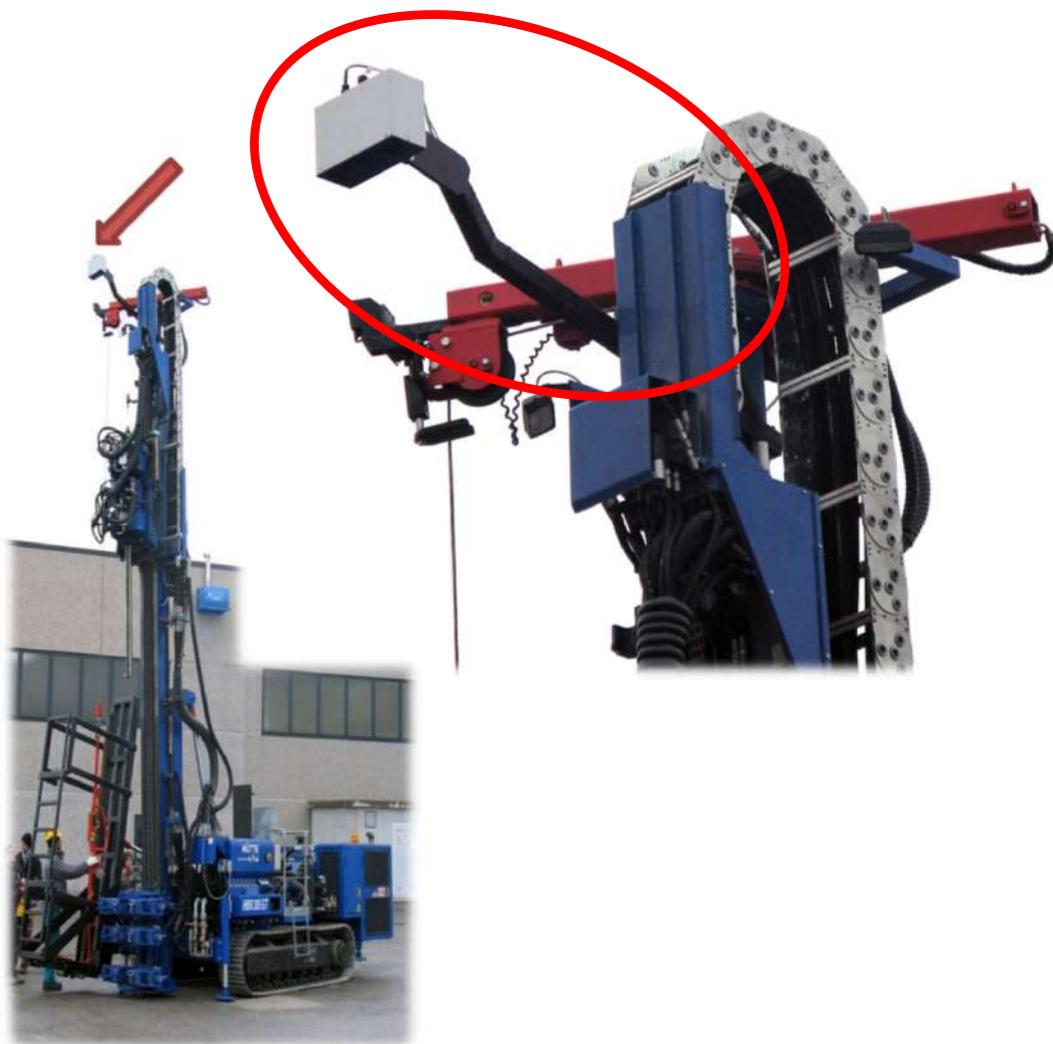


Protezione con dispositivi radar – Fase sperimentale





Protezione con dispositivi ottici – Fase sperimentale





Grazie
per
l'attenzione