



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Ufficio federale della protezione della popolazione UFPP
LABORATORIO SPIEZ

IT resistenza agli urti 2021

Istruzioni tecniche per la resistenza agli urti degli
elementi montati nelle costruzioni di protezione civile

Istruzioni tecniche per la resistenza agli urti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione civile (IT resistenza agli urti 2021)

del 1° marzo 2021

*L'Ufficio federale della protezione della popolazione,
visto l'articolo 104 dell'ordinanza del 11 novembre 2020¹ sulla protezione civile,
emana le seguenti Istruzioni:*

Numero 1 Scopo

Le Istruzioni disciplinano la resistenza agli urti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione civile.

Numero 2 Abrogazione delle Istruzioni previgenti

Vengono abrogate le Istruzioni tecniche per la resistenza agli urti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione civile (IT resistenza agli urti 1995) del 23 marzo 1995.

Numero 3 Entrata in vigore

Le presenti Istruzioni entrano in vigore il 1° marzo 2021

18 febbraio 2021

Ufficio federale della
protezione della popolazione

Dr. iur. Michaela Schärer



Direttrice

¹ RS 520.11

Indice

1	Introduzione.....	4
1.1	Campo d'applicazione.....	4
1.2	Scopo.....	4
1.3	Indice.....	4
1.4	Altre disposizioni applicabili.....	4
2	Carichi d'urto ed effetti degli urti.....	5
2.1	Tipi di carichi.....	5
2.2	Carico d'urto di costruzioni di protezione.....	5
2.3	Valori d'urto normali.....	6
3	Attestazione della resistenza agli urti.....	7
3.1	Grado di protezione.....	7
3.2	Prova d'urto pratica.....	7
3.3	Calcolo giustificativo dei fissaggi.....	8
3.3.1	Procedura.....	8
3.3.2	Calcolo giustificativo semplificato.....	8
4	Resistenza agli urti di elementi montati.....	9
4.1	Requisiti generali.....	9
4.2	Fissaggi resistenti agli urti.....	10
4.3	Resistenza agli urti passiva.....	10
4.3.1	Definizione.....	10
4.3.2	Esempi.....	11
5	Prova e omologazione di elementi montati.....	12
5.1	Obbligo di prova.....	12
5.2	Elementi che devono essere omologati.....	12
5.3	Elementi che non devono essere omologati.....	13
6	Fissaggi resistenti agli urti.....	14
6.1	Metodi di fissaggio.....	14
6.2	Fissaggi con tasselli (fissaggi collocati in un secondo tempo).....	14
6.3	Fissaggi incorporati.....	15
6.4	Ancoraggio di zoccoli in calcestruzzo.....	15
7	Prova e omologazione di elementi soggetti a omologazione.....	16
7.1	Prova d'urto pratica.....	16
7.2	Documenti tecnici.....	16
7.2.1	Descrizione tecnica.....	16
7.2.2	Istruzioni per il montaggio resistente agli urti (istruzioni di montaggio).....	16
7.2.3	Calcolo giustificativo dei fissaggi.....	17
7.3	Fornitura e montaggio dell'elemento.....	17
7.3.1	Istruzioni di montaggio.....	17
7.3.2	Materiale di fissaggio.....	17
7.3.3	Targhetta dei dati.....	17
7.4	Gestione della qualità.....	18
8	Calcolo giustificativo semplificato del fissaggio antiurto.....	19
8.1	Forza sostitutiva statica.....	19
8.2	Calcolo delle forze di fissaggio.....	19
8.3	Esempio di calcolo giustificativo semplificato.....	20
8.4	Attestazione della resistenza agli urti del fissaggio.....	22
8.5	Ausilio per il calcolo.....	22
9	Movimento relativo degli elementi montati non fissati.....	23

1 Introduzione

1.1 Campo d'applicazione

Le presenti Istruzioni tecniche per la resistenza agli urti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione civile, in breve IT resistenza agli urti 2021, si applicano a tutti gli elementi costruttivi, le installazioni e le strutture secondari non facenti parte della struttura portante della costruzione di protezione (SBIE). Per semplificare, di seguito saranno genericamente definiti come elementi montati.

1.2 Scopo

Le IT resistenza agli urti 2021 disciplinano l'attestazione della resistenza agli urti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione civile. La resistenza agli urti è un elemento della protezione NBC completa offerta dalle costruzioni di protezione. L'esecuzione, la disposizione e il fissaggio secondo criteri di resistenza agli urti degli elementi montati garantiscono che, a seguito degli effetti indotti dalle armi, restino garantite l'incolumità nella costruzione di protezione e la funzionalità di quest'ultima.

1.3 Indice

Le IT resistenza agli urti 2021 contengono tutti i principi fondamentali per la protezione dagli urti degli elementi montati. In particolare, vengono stabiliti i requisiti di resistenza agli urti e le procedure di prova; sono anche indicati i carichi d'urto definiti per la verifica della resistenza agli urti. Inoltre, sono riportate le attestazioni e le documentazioni necessarie per la prova e l'omologazione degli elementi montati.

I requisiti di resistenza agli urti e l'obbligo di prova relativo a specifici elementi montati o gruppi di elementi montati sono stabiliti nell'**apposita Appendice A1**.

1.4 Altre disposizioni applicabili

- Istruzioni tecniche - Management di qualità per componenti nell'ambito della protezione civile che devono essere omologate
- Istruzioni tecniche concernenti le targhette indicatrici, il montaggio, l'esercizio e la manutenzione di elementi UFPP che devono essere omologati
- Rapport de test et d'homologation des systèmes de tampons (disponibile solo in francese o tedesco)
- Capitolati tecnici dell'UFPP per determinati elementi

- Istruzioni tecniche per la costruzione di rifugi obbligatori (ITRP)
- Istruzioni tecniche per rifugi speciali (ITRS)
- Istruzioni tecniche per gli impianti dell'organizzazione e del servizio sanitario (ITO)
- Istruzioni tecniche per il rimodernamento di rifugi fino a 200 posti protetti (ITR rifugi)
- Istruzioni tecniche per il rimodernamento di impianti di protezione civile e rifugi speciali (ITR impianti)
- Istruzioni tecniche per la costruzione e il dimensionamento delle costruzioni di protezione (ITC)
- Istruzioni tecniche per l'aerazione di rifugi con isolamento termico (ITI)
- Istruzioni tecniche per la manutenzione delle costruzioni di protezione complete conformi alle norme ITO, ITRS o ITR (ITM)
- Construction d'abris pour biens culturels et réaffectation des constructions protégées surnuméraires en abris pour biens culturels (disponibile solo in francese o tedesco)
- Istruzioni tecniche per la protezione EMP dell'alimentazione in energia elettrica nelle costruzioni di protezione civile (IT EMP);

2 Carichi d'urto ed effetti degli urti

2.1 Tipi di carichi

Contrariamente ai carichi statici che non sono soggetti a variazioni nel tempo, i carichi transienti con un andamento temporale casuale sono definiti carichi stocastici. I carichi che si presentano per un tempo molto breve sono detti carichi d'impatto o carichi impulsivi. Un carico d'impatto che si verifica estremamente di rado o solo una volta durante la durata di utilizzo è definito carico d'urto.

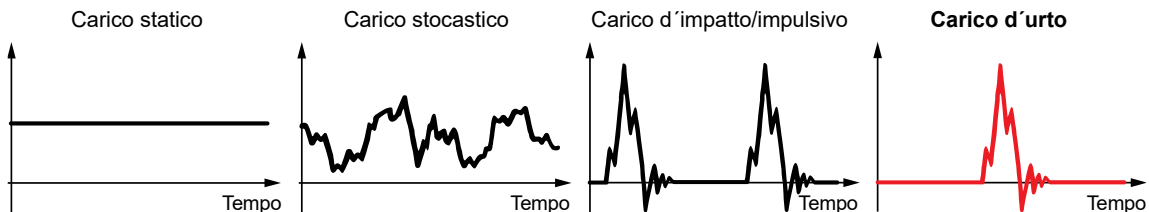


Fig. 1 Tipi di carichi

2.2 Carico d'urto di costruzioni di protezione

Per le costruzioni di protezione e le loro installazioni ed elementi montati si devono considerare i carichi d'urto degli effetti di armi. In particolare, in caso di detonazione di un'arma nucleare, gli effetti meccanici dell'arma sono di ampia portata per effetto della propagazione sferica dell'onda d'urto dell'aria. La brusca sollecitazione della superficie del terreno causata dalla pressione dell'onda d'urto provoca un carico d'urto nel sottosuolo (scossa sismica indotta dall'onda d'urto) e di conseguenza un carico d'urto sull'intera struttura di protezione mentre l'onda di pressione passa su di essa (Fig. 2).

Per le costruzioni di protezione civile sono determinanti i carichi d'urto che si presentano a una distanza dal punto dell'esplosione in cui la sovrappressione massima dell'onda d'urto dell'aria è ancora pari a 1 bar (grado di protezione «base»). A seconda del calibro dell'arma atomica, questa distanza R varia da diverse centinaia di metri ad alcuni chilometri.

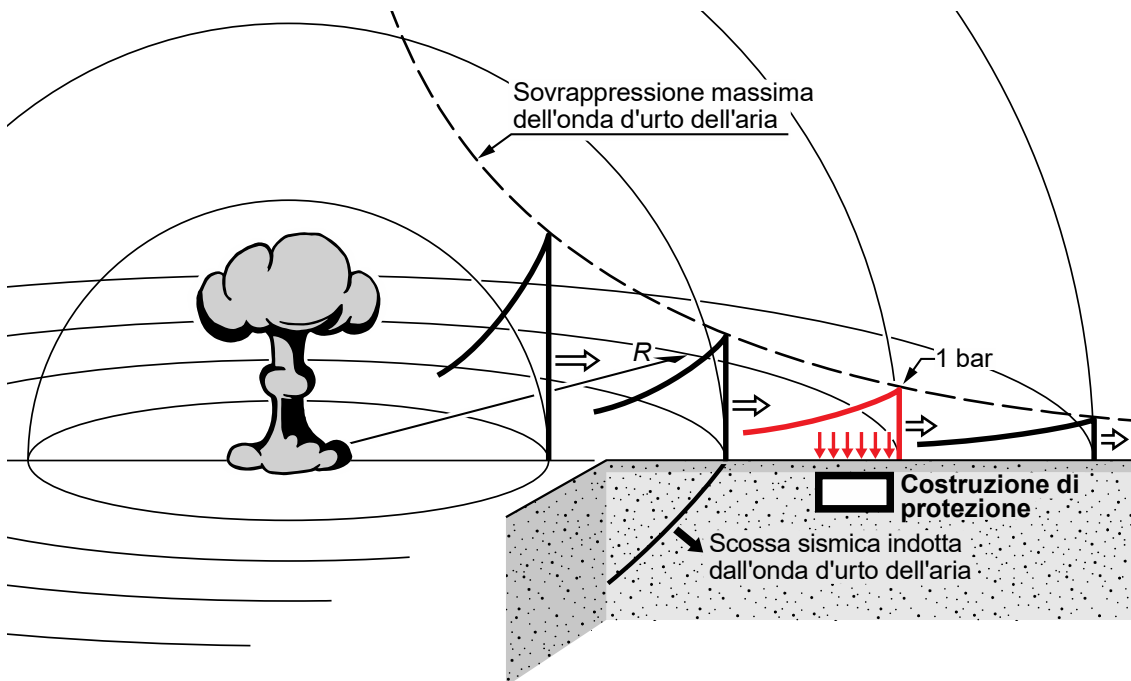


Fig. 2 Propagazione dell'onda d'urto e carico d'urto di una costruzione di protezione nel caso di un'esplosione nucleare con punto di deflagrazione al suolo

Il carico d'urto subito da una struttura di protezione e dai suoi elementi montati al passaggio di un'onda d'urto è molto più forte rispetto alle scosse causate da un terremoto naturale (geologico). In particolare, le accelerazioni che si presentano sono circa 100 volte superiori rispetto a un terremoto. A causa dei picchi di accelerazione elevati ma molto brevi, gli elementi montati rigidamente nella struttura subiscono forti sollecitazioni che, soprattutto in caso di materiali fragili, possono portare alla rottura. Tuttavia, con supporti elastici o plastici o mediante la deformazione degli stessi elementi montati, i carichi d'urto generalmente vengono attenuati in una misura tale da rendere quasi sempre superflui i rinforzi degli elementi montati. Esperienze pluriennali fatte nel corso di test sperimentali dimostrano che la protezione dagli urti di elementi montati normalmente sensibili è possibile senza misure speciali.

2.3 Valori d'urto normali

Gli effetti degli urti che sono determinanti per le costruzioni di protezione vengono definiti tramite spettri d'urto lineari elastici. Nella figura 3 è rappresentato lo spettro d'urto del grado di protezione «base» (1 bar), determinante per le costruzioni di protezione civile, e lo spettro d'urto per il grado di protezione «3 bar». Dato che gli effetti degli urti sono carichi stocastici, anche gli spettri d'urto non sono uniformi. A titolo di esempio, nella figura 3 sono rappresentati possibili spettri d'urto reali. Gli spettri d'urto trapezoidali standardizzati rappresentano gli spettri d'urto possibili.

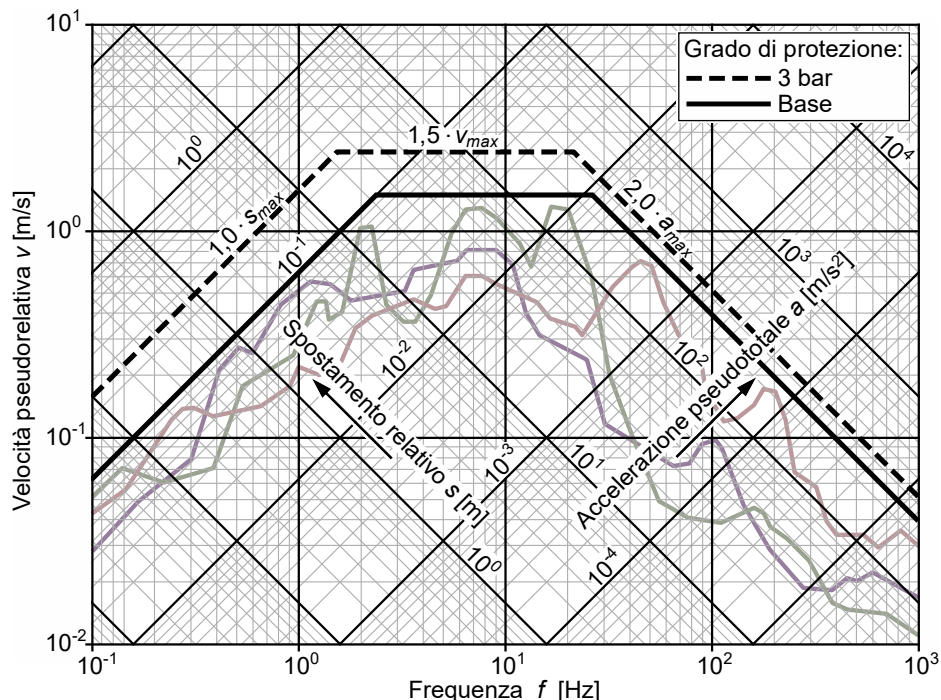


Fig. 3 Spettri d'urto per il grado di protezione «base» e il grado di protezione «3 bar»

Gli spettri d'urto nella fig. 3 si basano sui seguenti valori massimi dell'eccitazione al piede (movimento del supporto):

Eccitazione al piede		Grado di protezione «base»	Grado di protezione «3 bar»
Spostamento massimo	s_{max}	0,10 m	0,25 m
Velocità massima	v_{max}	1,0 m/s	1,6 m/s
Accelerazione massima	a_{max}	125 m/s ² (\approx 12,5 g)	160 m/s ² (\approx 16,0 g)

3 Attestazione della resistenza agli urti

3.1 Grado di protezione

L'attestazione della resistenza agli urti degli elementi montati tramite una prova d'urto pratica (vedi 3.2) e/o tramite il calcolo giustificativo dei fissaggi (vedi 3.3) può essere prodotta per il grado di protezione «base» oppure «3 bar». Gli elementi montati la cui resistenza agli urti è attestata per il grado di protezione «3 bar», soddisfano anche i requisiti del grado di protezione «base» applicabili alle costruzioni di protezione civile.

3.2 Prova d'urto pratica

Per la prova d'urto pratica, l'elemento montato da testare viene esposto al carico d'urto definito con l'ausilio di un impianto per prove d'urto. A tale scopo, l'elemento montato viene fissato alla piattaforma di prova dell'impianto. Quindi viene accelerato in modo tale da raggiungere i valori massimi dell'eccitazione al piede secondo il punto 2.3.

Di norma, gli elementi montati vengono testati con sei prove d'urto in modo tale che l'accelerazione agisca sull'elemento montato in tutte e tre le direzioni spaziali, rispettivamente in direzione positiva e negativa $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$ (Fig. 4). Le direzioni di prova e il numero di test vengono stabiliti dal servizio di prova. Se per elementi montati simmetrici la direzione dei carichi orizzontali (x , y) è irrilevante, il servizio di prova può decidere di eseguire i test in una sola direzione.

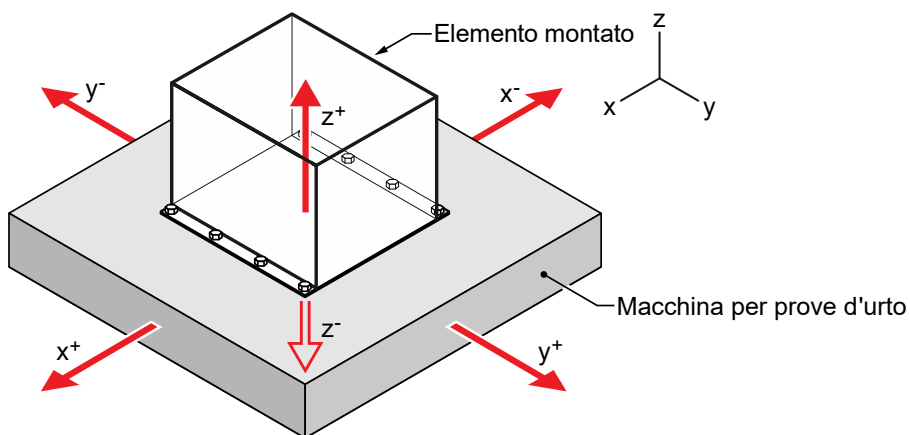


Fig. 4 Prova d'urto pratica con carico d'urto in tutte le direzioni spaziali $\pm x$, $\pm y$, $\pm z$

Se è rilevante per la verifica della resistenza agli urti e dell'idoneità funzionale dell'elemento montato, l'elemento deve essere testato in condizioni operative e con tutti gli accessori, anche e in particolar modo gli eventuali ammortizzatori o isolamenti antiurto previsti.

Per gli elementi montati su elementi elastici e ammortizzatori vengono determinati gli spostamenti e le corse oscillatorie che si verificano sotto l'effetto dell'urto. Per impedire i contatti con altri elementi o la lacerazione di collegamenti in caso d'urto, devono essere considerate le massime deflessioni prevedibili. Il gioco necessario rispetto agli elementi della costruzione di protezione (generalmente le pareti) o elementi montati adiacenti e la necessaria flessibilità dei collegamenti di cavi e tubazioni vengono stabiliti in base a questi spostamenti relativi.

Gli elementi montati, ove possibile, devono essere testati in condizioni d'esercizio. D'intesa con il servizio di prova, il richiedente deve adottare le precauzioni necessarie in tal senso. Per la maggior parte degli elementi montati, il servizio di prova dispone delle infrastrutture necessarie per l'esecuzione delle prove. In particolare, presso il servizio di prova è disponibile un'alimentazione di energia elettrica a potenza elevata.

3.3 Calcolo giustificativo dei fissaggi

3.3.1 Procedura

Per la prova d'urto pratica (vedi punto 3.2), gli elementi vengono montati con viti d'acciaio sulla piattaforma dell'impianto di prova. Nelle costruzioni di protezione civile, tuttavia, il fissaggio avviene praticamente solo con sistemi di tasselli o ancoraggi nel calcestruzzo. Nella prova d'urto sperimentale degli elementi montati il fissaggio non viene testato, per cui la sua portata deve essere attestata per mezzo di calcoli.

Per il calcolo giustificativo dei fissaggi vengono calcolate le forze di fissaggio che si presentano in caso d'urto. A tale scopo, le forze dinamiche che agiscono sull'elemento in occasione di un urto vengono considerate come carichi statici sostitutivi (F). In base alla direzione possibile di un eventuale impatto, i carichi statici sostitutivi devono essere applicati in tutte le direzioni spaziali ($\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$) (Fig. 5).

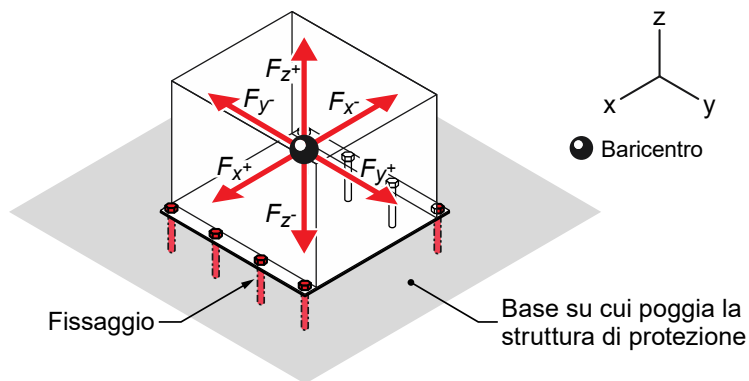


Fig. 5 Calcolo giustificativo dei fissaggi con carichi sostitutivi statici che agiscono in tutte le direzioni spaziali $\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$

I carichi che agiscono sul baricentro vengono determinati con la massa (m) e l'accelerazione (a) dell'elemento:

$$F = m \cdot a$$

L'accelerazione (a) non è l'accelerazione massima (a_{max}) del supporto o del piede dell'elemento montato, bensì l'accelerazione che agisce sull'elemento. Questa accelerazione di risposta può essere determinata con l'ausilio dello spettro d'urto (Fig. 3). È evidente che essa dipende in misura determinante dalla frequenza o dal comportamento oscillatorio dell'elemento. L'accelerazione di elementi montati più rigidi o con frequenza superiore corrisponde a 2 volte l'accelerazione massima nel piede ($a = 2 \cdot a_{max}$). Nel caso del grado di protezione «base», per elementi montati con una frequenza di base di 25 Hz e oltre è quindi determinante un'accelerazione $a = 250 \text{ m/s}^2$ ($\approx 25 \text{ g}$). Negli elementi a bassa frequenza, l'accelerazione è invece molto inferiore: con una frequenza propria di 10 Hz ad esempio, per la protezione di base è di soli 90 m/s^2 circa ($\approx 9 \text{ g}$).

3.3.2 Calcolo giustificativo semplificato

Dato che spesso il comportamento oscillatorio dell'elemento montato non è noto e/o per evitare calcoli complessi, si può ricorrere a un calcolo giustificativo semplificato dei fissaggi come indicato nel capitolo 8. In questo caso, il carico statico sostitutivo (F) viene calcolato con l'accelerazione massima dell'eccitazione al piede (a_{max}). Per tenere conto del comportamento oscillatorio dell'elemento e/o della sua risposta all'urto, questa accelerazione viene moltiplicata per il Fattore di Carico Dinamico (FCD)

$$F = m \cdot a_{max} \cdot FCD$$

4 Resistenza agli urti di elementi montati

4.1 Requisiti generali

In base al loro scopo e alla loro funzione per la protezione NBC degli occupanti della costruzione, per la vita e la permanenza al suo interno e ad altre funzioni della costruzione di protezione, gli elementi montati devono soddisfare i seguenti requisiti di resistenza agli urti:

1. Gli elementi montati che sono di fondamentale importanza per la **sopravvivenza nella costruzione di protezione** non devono subire interruzioni del funzionamento in conseguenza del carico d'urto e in seguito a esso devono risultare illimitatamente e pienamente funzionanti.
Negli impianti di ventilazione, ad esempio, non saranno tollerati guasti o limitazioni come cali di potenza dei ventilatori, perdita nella rete dei canali o un aumento delle perdite di pressione di valvole, clappe o diaframmi. Deformazioni di entità trascurabile, ad esempio nelle condotte dell'aria, sono ammesse solo se i canali non presentano perdite e se non aumenta la resistenza al flusso.
2. Per gli elementi montati che sono necessari per un'autonoma **permanenza e sopravvivenza nella costruzione di protezione**, ma il cui guasto non rappresenta una minaccia diretta per l'incolumità, possono essere tollerate interruzioni del funzionamento. Tali anomalie devono però essere evidenti ed essere riconoscibili anche da profani e l'elemento montato deve poter essere rimesso in funzione facilmente, senza conoscenze specifiche e senza utensili speciali. Dopo la rimessa in funzione l'elemento deve essere nuovamente funzionante senza limitazioni.
Il funzionamento di una pompa delle acque di scarico, ad esempio, può essere interrotto in conseguenza dell'intervento di un contattore o dell'interruttore a galleggiante, se l'avaria può essere segnalata da un allarme e la pompa rimessa in funzione con la riaccensione risultando quindi pienamente funzionante.
3. Gli elementi che sono necessari per il **funzionamento dell'impianto di protezione** sono spesso installazioni e apparecchi per la comunicazione e l'elaborazione dei dati. In base alla loro importanza per la funzionalità dell'impianto, questi elementi non possono subire cali di funzionalità in conseguenza di un carico d'urto. La decisione in merito alla tollerabilità di eventuali interruzioni del funzionamento di breve durata dipende dall'importanza della funzione e dalle conseguenze di un'interruzione (ad esempio perdita di dati). I requisiti specifici di resistenza agli urti di questi elementi sono stabiliti dall'UFPP.
4. **Tutti gli altri elementi**, ad esempio i frigoriferi, che non sono importanti per la sopravvivenza, la vita e la permanenza nella costruzione di protezione o per il funzionamento delle installazioni **nel senso dei requisiti minimi**, non devono essere obbligatoriamente resistenti agli urti. Deve essere però garantita la **resistenza agli urti passiva** (cap. 4.3) - un requisito che in linea di massima vale per tutti gli elementi montati nelle costruzioni di protezione.

Conseguenze di un carico d'urto	Funzione e scopo dell'elemento montato nella costruzione di protezione			
	1 Sopravvivenza	2 Vita/permanenza	3 Funzionamento dell'impianto	4 Altri
Perdita di funzionalità, avaria	non ammessa	non ammessa	non ammessa	ammessa (resistenza agli urti passiva)
Interruzione/anomalia del funzionamento	non ammessa	ammessa se facilmente risolvibile	come da indicazione UFPP	ammessa (resistenza agli urti passiva)
Perdita di prestazione	non ammessa	ammessa con limitazioni	non ammessa	ammessa (resistenza agli urti passiva)

Tab. 1 Requisiti generali di resistenza agli urti di elementi montati

4.2 Fissaggi resistenti agli urti

I sistemi di tasselli e ancoraggi idonei per fissaggi resistenti agli urti sono in grado di assorbire i carichi d'urto anche in supporti in calcestruzzo fortemente fessurato. Per verificare la resistenza agli urti dei sistemi di fissaggio, il servizio di prova esegue pertanto prove d'urto specifiche con tasselli nel calcestruzzo fessurato. Per i sistemi di tasselli/ancoraggi che soddisfano i criteri di prova e di omologazione stabiliti, l'UFPP rilascia omologazioni per il fissaggio resistente agli urti in costruzioni di protezione.

Per il fissaggio di elementi montati resistenti agli urti con una **massa superiore a 10 kg**, possono essere utilizzati esclusivamente sistemi di tasselli o ancoraggi autorizzati dall'UFPP. Gli elementi montati di importanza secondaria, che non sono necessari per la sopravvivenza e la funzionalità della costruzione di protezione civile, possono essere montati anche con fissaggi non omologati, oppure senza fissaggio. Deve però essere sempre garantita la resistenza agli urti passiva (punto 4.3).

4.3 Resistenza agli urti passiva

4.3.1 Definizione

Gli elementi montati che non sono necessari per vivere nella costruzione di protezione e/o per il funzionamento della stessa o che rivestono un'importanza secondaria, possono subire danni e subire problemi di funzionamento o guasti per effetto degli urti. Con la cosiddetta resistenza agli urti passiva si deve garantire che gli elementi non mettano a rischio persone o altri elementi di vitale importanza. Si tratta di un requisito minimo che deve essere rispettato per tutti gli elementi montati in costruzioni di protezione.

- In caso d'urto, gli **elementi montati non fissati** si spostano rispetto alla struttura di protezione. Per la valutazione del rischio derivante dall'elemento montato, si deve presupporre che tale spostamento, in base ai valori d'urto normali (vedi punto 2.3) non sia superiore a s_{max} e che l'elemento montato raggiunga una velocità massima di v_{max} .
- Gli **elementi montati fissati** con una massa superiore a 10 kg soddisfano il requisito della resistenza agli urti passiva se sono fissati con tasselli omologati ed è disponibile un corrispondente calcolo giustificativo. In caso di fissaggi privi di tasselli omologati, il componente montato deve essere considerato come non fissato.

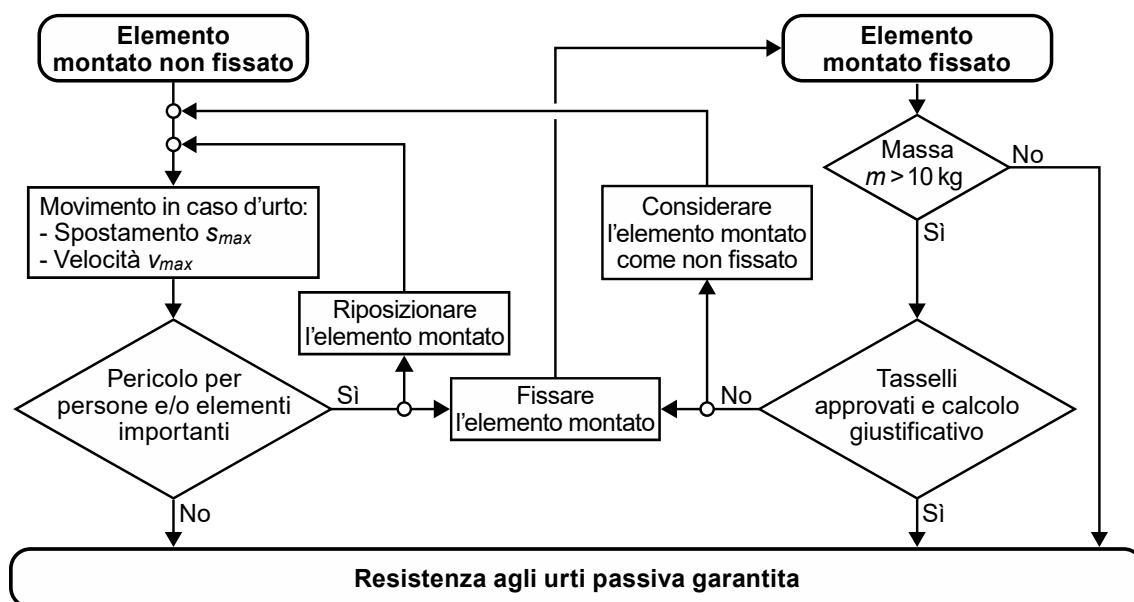


Fig. 6 Garanzia della resistenza agli urti passiva

4.3.2 Esempi

A titolo rappresentativo, nella figura 7 qui appresso sono illustrati alcuni esempi di valutazione della resistenza agli urti passiva:

La resistenza agli urti passiva di elementi montati non fissati è garantita se lo spostamento massimo dell'elemento in caso d'urto (S_{max}) non mette a rischio persone o elementi vitali. Soprattutto per gli scaffali e gli armadi alti e stretti non fissati, si deve considerare che uno spostamento del baricentro può portare a un ribaltamento e a un conseguente rischio per le persone **(a)** e/o per elementi vitali **(b)**.

Per i controsoffitti e le installazioni sospese **(c)**, la resistenza agli urti passiva è garantita se in caso d'urto, nonostante i danneggiamenti, non si verifica un distacco di parti dalla struttura del soffitto e la caduta non mette a rischio persone e/o elementi funzionali importanti.

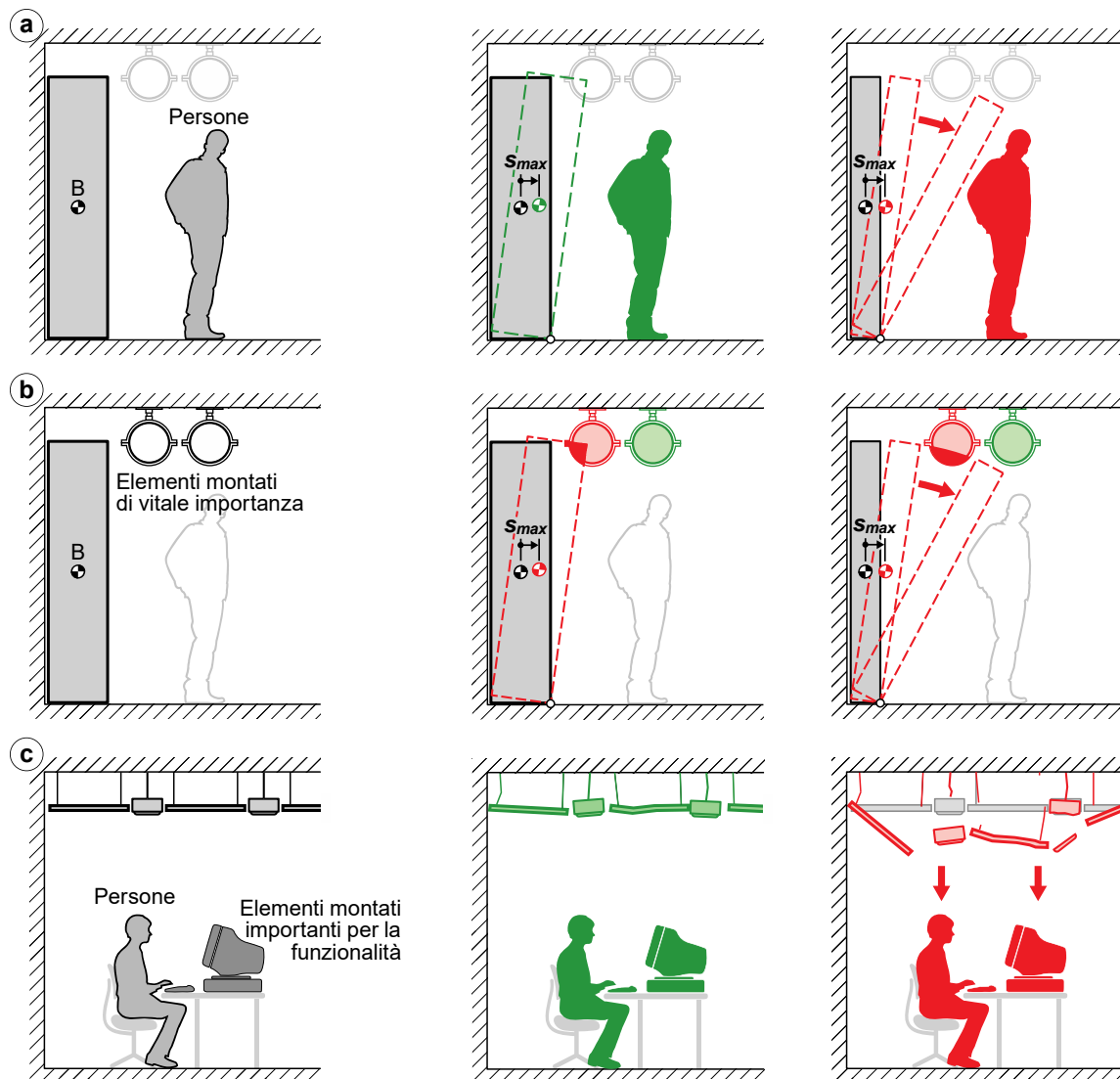


Fig. 7 Esempi di valutazione della resistenza agli urti passiva (B = baricentro)
Resistenza agli urti passiva: ■ garantita ■ non garantita

5 Prova e omologazione di elementi montati

5.1 Obbligo di prova

Gli elementi montati in costruzioni di protezione, in base alla loro funzione e all'uso previsto, devono essere realizzati e fissati secondo criteri di resistenza agli urti. Competente per la verifica e la valutazione della resistenza agli urti e per il rilascio di omologazioni è l'UFPP. Anche l'obbligo di prova viene stabilito dall'UFPP:

- Elementi che devono essere omologati (punto 5.2)
La resistenza agli urti degli elementi che devono essere omologati viene verificata specificatamente dall'UFPP per mezzo di prove d'urto pratiche e/o valutazioni tecniche. Per gli elementi resistenti agli urti, l'UFPP rilascia un'omologazione.
- Elementi che non devono essere omologati (punto 5.3)
Gli elementi la cui resistenza agli urti è garantita sulla base di prescrizioni per la progettazione e il montaggio stabilite dall'UFPP, non devono essere obbligatoriamente omologati. Per gli elementi che non devono essere omologati non vengono rilasciate omologazioni.

La resistenza agli urti passiva deve essere garantita, indipendentemente dall'obbligo di prova, per tutti gli elementi utilizzati nelle costruzioni di protezione (vedi punto 4.3).

5.2 Elementi che devono essere omologati

La resistenza agli urti di tutti gli elementi classificati come soggetti a obbligo di omologazione viene verificata e valutata dall'UFPP. Per gli elementi che soddisfano i requisiti inerenti all'esecuzione antiurto e al fissaggio, l'UFPP rilascia un'omologazione. La procedura per la prova e l'omologazione è illustrata qui di seguito nella figura 8:

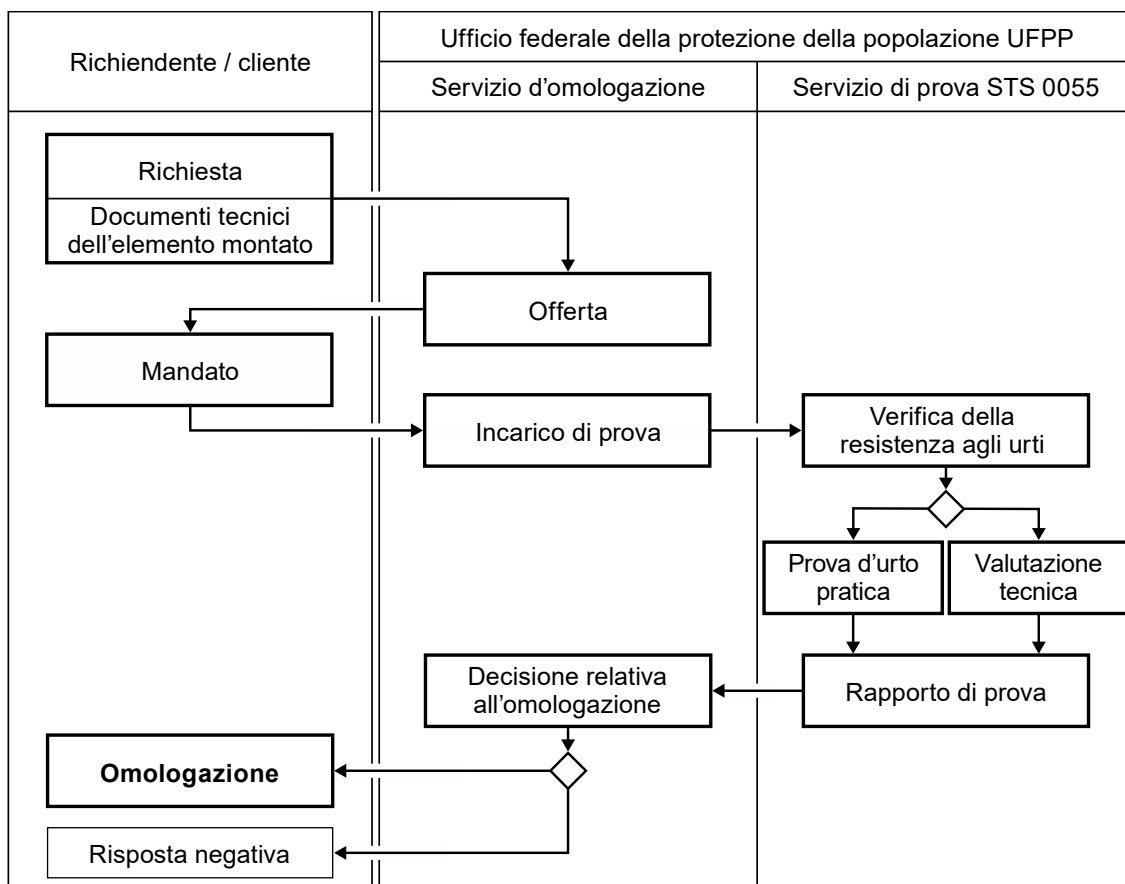


Fig. 8 Procedura e competenze per l'omologazione di elementi che devono essere obbligatoriamente omologati

La procedura di prova e omologazione di elementi soggetti a obbligo di prova illustrata nella figura 8 e le relative competenze sono riassunte qui di seguito:

- Se il produttore o il fornitore desidera ottenere l'omologazione relativamente alla resistenza agli urti di un elemento, deve presentare una corrispondente richiesta presso il servizio d'omologazione dell'UFPP. Unitamente alla richiesta deve presentare al servizio d'omologazione tutti i documenti tecnici dell'elemento rilevanti ai fini della prova e della valutazione.
- Sulla base dei documenti presentati, il servizio d'omologazione elabora un'offerta all'attenzione del richiedente. Quest'ultimo può quindi conferire al servizio d'omologazione l'incarico per l'esecuzione di una prova. In seguito il servizio d'omologazione conferisce al servizio di prova STS 0055 l'incarico di verificare la resistenza agli urti dell'elemento.
- La tipologia e la portata delle prove vengono stabiliti dal servizio di prova sulla base della sua esperienza. La verifica della resistenza agli urti può avvenire con una prova d'urto pratica, una valutazione tecnica della resistenza agli urti o una combinazione di questi metodi. In caso di serie di elementi, ad esempio nel caso di elementi con grandezze diverse ma costruiti in modo identico, la portata della prova viene stabilita dal servizio di prova.
- I risultati delle prove d'urto vengono documentati in modo completo dal servizio di prova in un apposito rapporto. Nel rapporto di prova vengono registrati, tra gli altri, i parametri di prova, le condizioni di installazione e d'esercizio e gli effetti del carico d'urto constatati e misurati negli elementi.
- Sulla base del rapporto di prova e in considerazione della raccomandazione del servizio di prova, il servizio d'omologazione decide in merito all'assegnazione di un'omologazione. In caso di esito positivo, assegna al richiedente un'omologazione che permette di utilizzare l'elemento resistente agli urti in costruzioni di protezione.

Informazioni dettagliate relative ai documenti tecnici che devono essere presentati dal richiedente, alle componenti da fornire per l'esecuzione delle prove, alle istruzioni di montaggio, alla targhetta dei dati e alle disposizioni per il quality management sono disponibili nel capitolo 7.

5.3 Elementi che non devono essere omologati

La resistenza agli urti degli elementi che non devono essere omologati non viene verificata in ogni singolo caso dall'UFPP e per tali elementi non vengono rilasciate omologazioni. Per garantire la resistenza agli urti degli elementi che non devono essere omologati, l'UFPP rilascia apposite prescrizioni per la progettazione e il montaggio in conformità alle quali gli elementi devono essere realizzati e fissati. Queste prescrizioni concernenti la progettazione e il montaggio sono documentate nell'appendice A2.

6 Fissaggi resistenti agli urti

6.1 Metodi di fissaggio

Il fissaggio resistente agli urti di elementi montati in costruzioni di protezione può essere realizzato con vari metodi. In linea di principio si distinguono i seguenti due tipi di fissaggi:

- Fissaggi collocati in un secondo tempo:
tasselli (ancoraggi) che vengono posati in un secondo tempo (dopo il betonaggio) in fori del calcestruzzo.
- Fissaggi incorporati:
elementi che vengono inseriti nella cassaforma prima del betonaggio come ad esempio guide di ancoraggio, piastre di ancoraggio o intelaiature. Gli elementi incorporati sono ancorati nel manto di calcestruzzo con bulloni o staffe.

Ai profili o alle guide di montaggio fissati direttamente sulla superficie in calcestruzzo si applicano i requisiti del punto 6.2.

6.2 Fissaggi con tasselli (fissaggi collocati in un secondo tempo)

Per i fissaggi resistenti agli urti che vengono installati in un secondo tempo praticando dei fori nel calcestruzzo si devono utilizzare sistemi di tasselli provvisti di un'omologazione valida dell'UFPP.

La sicurezza strutturale dei fissaggi rispetto agli effetti di un urto deve essere dimostrata per mezzo di calcoli come indicato al punto 3.3. Un esempio di calcolo giustificativo semplificato per i fissaggi con tasselli si trova al punto 8.3. Per il calcolo giustificativo è determinante il valore della resistenza all'urto $R_{d,schock}$ del fissaggio con tasselli così come figura nell'omologazione dell'UFPP.

Per il montaggio di fissaggi con tasselli resistenti agli urti si devono rispettare i seguenti parametri di montaggio in conformità all'omologazione dell'UFPP (Fig. 9):

- Profondità di ancoraggio:
i tasselli devono essere inseriti e ancorati nel calcestruzzo a una profondità sufficiente. La profondità di ancoraggio effettiva h_{ef} deve essere rispettata anche nel caso di montaggio su strati di copertura come rivestimenti in cemento, sottofondi o isolamenti; al momento della scelta della lunghezza dei tasselli e dell'altezza del fissaggio t_{fix} si deve pertanto includere nel calcolo lo spessore del rivestimento.
- Interasse:
per il fissaggio di un elemento con più tasselli (gruppo di tasselli), l'interasse s_{min} non può essere inferiore all'interasse minimo indicato nell'omologazione dell'UFPP.
- Coppia di installazione:
i tasselli devono essere ancorati con la coppia di installazione prescritta T_{inst} .

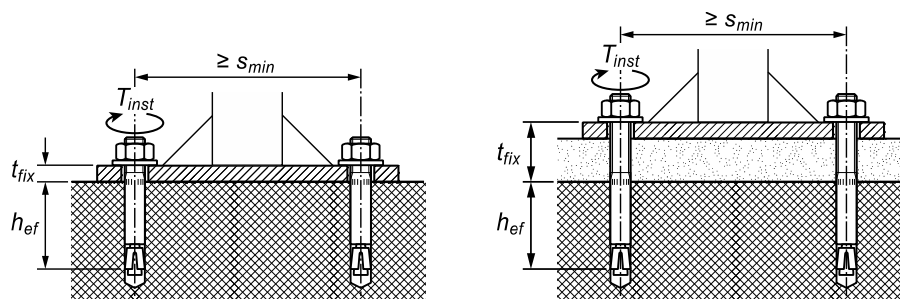


Fig. 9 Parametri di montaggio

Devono inoltre essere rispettate le prescrizioni di montaggio del produttore, in particolare per quanto concerne l'esecuzione e la pulizia del foro e l'impiego e la lavorazione della malta nei sistemi a tasselli compositi.

6.3 Fissaggi incorporati

Specialmente nel caso degli ancoraggi con bulloni saldati, gli elementi incorporati consentono in generale di assorbire grossi carichi. L'impiego efficace di fissaggi incorporati richiede tuttavia un coordinamento e una pianificazione precisi e tempestivi.

Nelle costruzioni di protezione sono ammessi fissaggi incorporati se vengono utilizzati sistemi di provata efficacia dimensionabili a livello ingegneristico. Si tratta ad esempio di guide di ancoraggio per le quali è disponibile una Valutazione Tecnica Europea ETA. I bulloni di norma vengono dimensionati analogamente ai tasselli posati in un secondo tempo. Il dimensionamento avviene in conformità alle norme svizzere applicabili (SIA) e alle direttive europee.

Il dimensionamento dei fissaggi incorporati si effettua con il carico statico sostitutivo, determinato nel baricentro dell'elemento montato resistente agli urti, come indicato al punto 3.3.

Il calcolo giustificativo e gli schemi di installazione e armatura con indicazione degli elementi incorporati devono essere presentati all'UFPP per verifica e approvazione. La corretta posizione ed esecuzione degli inserti nella cassaforma viene verificata nel corso del controllo dell'armatura.

Il successivo inserimento di fissaggi nei risparmi è ammesso solo se la cavità sigillata con malta è collegata inscindibilmente con le armature di collegamento e la trasmissione delle forze è stata dimostrata per mezzo di calcoli. Per l'attestazione è determinante il carico statico sostitutivo sulla base della massa dell'elemento fissato e della massa del calcestruzzo nella cavità (vedi anche punto 6.4).

6.4 Ancoraggio di zoccoli in calcestruzzo

L'attestazione del fissaggio resistente agli urti di elementi montati su zoccoli in calcestruzzo deve essere prodotta con il carico statico sostitutivo (F) determinante per il caso d'urto, che dipende dalla massa dell'elemento (m_E), se lo zoccolo è armato ed è collegato alla costruzione di protezione (piastra di fondo) creando una struttura monolitica (Fig. 10a).

Gli zoccoli betonati in un secondo tempo devono essere collegati solidamente alla piastra di fondo con armature di collegamento. La resistenza dei collegamenti delle armature deve essere dimostrata per mezzo di calcoli; per il carico d'urto (carico statico sostitutivo F) deve essere considerata la massa totale dell'elemento montato e dello zoccolo ($m_{tot} = m_E + m_S$) (Fig. 10b).

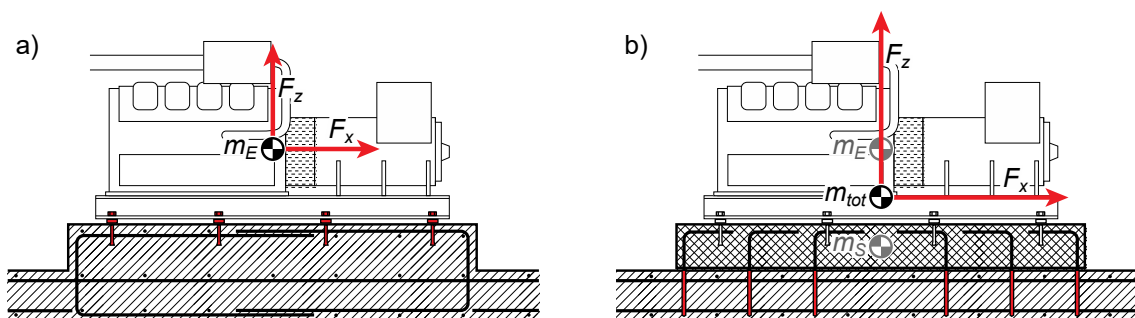


Fig. 10 Effetto dell'urto determinante per l'attestazione per uno zoccolo di calcestruzzo a) con collegamento monolitico e b) betonato in un secondo tempo

7 Prova e omologazione di elementi soggetti a omologazione

7.1 Prova d'urto pratica

Gli elementi che vengono sottoposti a una prova d'urto pratica (sperimentale) devono essere messi gratuitamente a disposizione del servizio di prova STS 0055 da parte del richiedente. L'UFPP non si assume alcuna responsabilità per i danni subiti dall'elemento nel corso delle prove.

Per la prova d'urto pratica, ove possibile gli elementi vengono testati in condizioni operative. D'intesa con il servizio di prova, il richiedente pertanto deve equipaggiare gli elementi con i collegamenti necessari per il funzionamento, ad esempio corrente elettrica o acqua di raffreddamento. In caso di necessità, il servizio di prova può richiedere il supporto di uno specialista per il controllo del montaggio e del funzionamento dell'elemento.

Se il servizio di prova, sulla base della sua pluriennale esperienza, identifica dei punti deboli nell'elemento relativamente alla resistenza agli urti, essi possono essere comunicati al richiedente già prima della prova pratica. D'intesa con il richiedente, in seguito possono essere apportati adeguamenti tecnici (p. es. rinforzi).

7.2 Documenti tecnici

Per la verifica della resistenza agli urti degli elementi soggetti a omologazione, il richiedente deve presentare al servizio d'omologazione dell'UFPP dei documenti tecnici. Questi comprendono la descrizione tecnica dell'elemento, le istruzioni per il montaggio resistente agli urti dell'elemento (istruzioni di montaggio) e il calcolo giustificativo del fissaggio resistente agli urti (calcolo dell'ancoraggio).

7.2.1 Descrizione tecnica

La descrizione tecnica dell'elemento montato deve consentire un'identificazione univoca del componente. Dalla descrizione tecnica devono emergere la struttura costruttiva e la funzione dell'elemento. I documenti necessari per la descrizione tecnica possono comprendere dati prestazionali, manuali operativi, disegni di officina, schemi e distinte dei componenti. Ove possibile devono essere consegnati in forma elettronica.

7.2.2 Istruzioni per il montaggio resistente agli urti (istruzioni di montaggio)

Il richiedente deve elaborare istruzioni specifiche valide per il montaggio resistente agli urti dell'elemento. Le istruzioni di montaggio devono consentire un'identificazione univoca dell'elemento e definire le condizioni di posizionamento e installazione per il montaggio resistente agli urti:

- Identificazione dell'elemento montato
(marca, serie, grandezza del dispositivo, designazione del tipo ecc.)
- Luogo di installazione
(pavimento, parete, soffitto, zoccolo in calcestruzzo, sottostruttura)
- Margine di movimento
(distanza minima dalle pareti o da altri elementi montati)
- Collegamenti di condutture all'elemento
(spostamenti relativi, oscillazioni, collegamenti di tubi flessibili ecc.)
- Ammortizzatori di vibrazioni e urti
(i mezzi ammortizzanti degli elementi montati sono parte integrante della prova).

Oltre alle indicazioni per il posizionamento e l'installazione, le istruzioni di montaggio devono contenere anche e soprattutto i dati necessari per il fissaggio resistente agli urti dell'elemento:

- Fissaggi con tasselli (fissaggi posati in un secondo tempo):
 - sistema, marca, tipo, dimensione dei tasselli, oppure
 - resistenza all'urto ammessa del sistema di tasselli utilizzato e sottoposto a prova
 - numero di tasselli necessari per il fissaggio
- Fissaggi inseriti:
 - sistema (guida di ancoraggio, piastra di ancoraggio, intelaiatura)
 - disegno dettagliato degli elementi inseriti
 - dati per il collegamento del fissaggio all'elemento inserito (raccordi a vite in genere, viti con testa a martello appartenenti alle guide di ancoraggio ecc.)

7.2.3 Calcolo giustificativo dei fissaggi

La resistenza agli urti dei fissaggi di elementi soggetti a omologazione prescritti nelle istruzioni di montaggio (7.3.1) deve essere sempre attestata per mezzo di calcoli. Il calcolo giustificativo dei fissaggi (calcolo degli ancoraggi) è parte integrante della documentazione tecnica che il richiedente deve presentare al servizio d'omologazione dell'UFPP.

Un calcolo giustificativo dei fissaggi di norma è necessario sia per i fissaggi con tasselli, sia per i fissaggi incorporati. I principi per l'elaborazione del calcolo giustificativo sono descritti al punto 3.3. Un esempio di calcolo giustificativo semplificato per i fissaggi con tasselli si trova al punto 8.3.

7.3 Fornitura e montaggio dell'elemento

La fornitura di elementi controllati avviene a cura del titolare dell'omologazione (produttore, fornitore). Unitamente all'elemento, il titolare dell'omologazione deve consegnare le corrispondenti istruzioni di montaggio (7.3.1) e una targhetta con i dati (7.3.3). Per numerosi elementi utilizzati specialmente in costruzioni di protezione, anche i dispositivi utilizzati per il fissaggio resistente agli urti vengono forniti dal titolare dell'omologazione (7.3.2).

L'imprenditore responsabile dell'esecuzione e del montaggio deve installare gli elementi nella costruzione di protezione in conformità alle istruzioni di montaggio. Gli organi esecutivi e di controllo competenti verificano la resistenza agli urti degli elementi montati sia nel quadro dell'approvazione del progetto, sia in occasione del controllo delle costruzioni di protezione.

7.3.1 Istruzioni di montaggio

Unitamente alla consegna degli elementi controllati devono essere fornite le corrispondenti istruzioni di montaggio in conformità al punto 7.3.1. Le istruzioni di montaggio sono vincolanti per l'installazione e il montaggio dell'elemento nella costruzione di protezione.

7.3.2 Materiale di fissaggio

Soprattutto per gli elementi omologati e per gli elementi che vengono fissati a inserti progettati appositamente per l'elemento montato (p. es. intelaiature incorporate), tutto il materiale di fissaggio viene fornito dal titolare dell'omologazione. Tuttavia, la fornitura degli inserti nella fase della costruzione grezza avviene prima della fornitura dell'elemento montato.

7.3.3 Targhetta dei dati

Unitamente a tutti gli elementi omologati, il produttore deve fornire una targhetta conforme alle «Istruzioni tecniche concernenti le targhette indicatrici, il montaggio, l'esercizio e la manutenzione di elementi UFPP che devono essere omologati». Al momento del montaggio, la targhetta deve essere applicata in posizione ben visibile sull'elemento montato o accanto allo stesso.

Dalla targhetta devono risultare il numero di omologazione e la designazione dell'elemento montato (marca, serie, dimensione, designazione del tipo). Sulla targhetta devono essere annotati anche i dati relativi al fissaggio resistente agli urti (p. es. tipologia, dimensione e numero dei tasselli, traiettoria dell'oscillazione).

7.4 Gestione della qualità

Le Istruzioni Tecniche «Management di qualità per componenti nell'ambito della protezione civile che devono essere omologate» disciplinano il quality management (QM) per le componenti che devono essere omologate e le competenze tra l'industria e l'UFPP. Per la prova e l'omologazione di elementi montati antiurto vengono regolamentati i seguenti aspetti:

- Modello di omologazione e controllo
- Marchio di omologazione
- Durata di validità e proroga di omologazioni
- Modifiche di omologazioni
- Monitoraggio della conformità (audit di prodotto) delle componenti omologate
- Conteggio dei costi delle prove e questioni inerenti alla responsabilità

8 Calcolo giustificativo semplificato del fissaggio antiurto

8.1 Forza sostitutiva statica

Se il comportamento oscillatorio dell'elemento montato non è noto e/o se i calcoli delle oscillazioni sono troppo impegnativi e quindi sproporzionati (vedi punto 3.3.2), è possibile determinare in via semplificata la forza sostitutiva statica (F) che agisce nel baricentro della massa (m) con l'accelerazione massima nel piede o nel supporto (a_{max}) e un'amplificazione dinamica, il cosiddetto fattore di carico dinamico (FCD), come indicato qui di seguito:

$$F = m \cdot a_{max} \cdot FCD$$

F Forza sostitutiva statica [N]

m Massa dell'elemento montato [kg]

a_{max} Accelerazione massima nel piede [m/s²] (vedi anche 2.3)

FCD Fattore di Carico Dinamico [-]

Grado di protezione	«base»	«3 bar»
Accelerazione massima nel piede a_{max}	125 m/s ²	160 m/s ²
Fattore di carico dinamico FCD	1,25	1,60

Con il fattore di carico dinamico FCD si considera l'aumento dell'accelerazione di risposta dell'elemento montato rispetto all'accelerazione nel piede. Per gli elementi montati con una frequenza di base inferiore a 16 Hz, il calcolo giustificativo semplificato con l'FCD stabilito è conservativo sia per il grado di protezione «base», sia per il grado di protezione «3 bar». Come si evince dagli spettri d'urto (Fig. 3), negli elementi montati con un comportamento oscillatorio a bassa frequenza si presentano accelerazioni di risposta inferiori. L'FCD stabilito non tiene sufficientemente conto dell'aumento della risposta all'urto solo in elementi molto rigidi (frequenza di base > 16 Hz). Gli elementi rigidi e sensibili, ove possibile, possono però essere montati su ammortizzatori.

8.2 Calcolo delle forze di fissaggio

Il calcolo delle forze che agiscono sui tasselli di fissaggio dell'elemento montato si effettua con la forza sostitutiva statica che si presenta in caso d'urto (F). La forza sostitutiva statica agisce nel baricentro dell'elemento montato. Le forze di fissaggio devono essere determinate per effetti in tutte le direzioni dello spazio ($\pm F_x$, $\pm F_y$, $\pm F_z$) (vedi punto 3.3).

Per il calcolo delle forze di fissaggio, in via semplificata si può ipotizzare che abbia luogo una compensazione ideale del carico, ossia che il carico sia ripartito uniformemente su tutti i punti di fissaggio. In questo caso si presuppone che l'elemento montato, e in particolare le piastre di appoggio e di base, rimangano rigidi e che sia le forze normali (N) che le forze trasversali (V) siano ripartite uniformemente su tutti i tasselli (fig. 11).

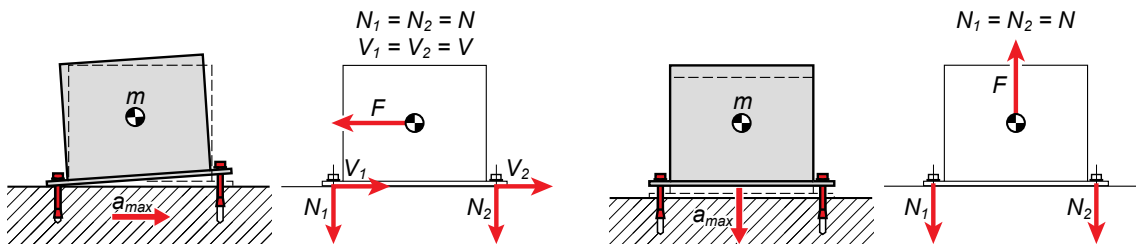
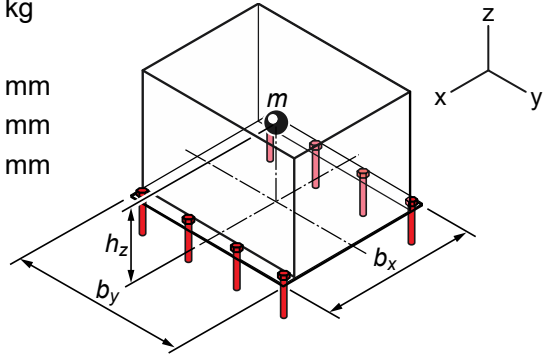


Fig. 11 Forze di fissaggio in elementi montati con rigidità ideale e compensazione del carico con ripartizione uniforme delle forze normali (N) e trasversali (V)

8.3 Esempio di calcolo giustificativo semplificato

Un elemento montato con una massa di 170 kg deve essere fissato al suolo con otto tasselli resistenti agli urti in una costruzione con il grado di protezione «base».

Massa dell'elemento montato	$m = 170 \text{ kg}$
Fissaggio al suolo:	
– Larghezza della piastra di base	$b_x = 800 \text{ mm}$
– Larghezza della piastra di base	$b_y = 1200 \text{ mm}$
Altezza del baricentro	$h_z = 600 \text{ mm}$
Numero di fissaggi	$n = 8$



Il baricentro si trova al centro della piastra di base dell'elemento montato. I fissaggi (tasselli) sono disposti simmetricamente.

Forza sostitutiva statica F

Grado di protezione «base»

- Accelerazione massima nel piede $a_{max} = 125 \text{ m/s}^2$
- Fattore di Carico Dinamico $FCD = 1,25$

$$F = m \cdot a_{max} \cdot FCD$$

$$F = 170 \cdot 125 \cdot 1,25 = 26,6 \text{ kN}$$

Effetto dell'urto x

- Forza sostitutiva statica F_x

$$F_x = F$$

- Forza trasversale V_x

Ipotesi: $V_{x,1} = V_{x,2} = \dots = V_{x,n} = V_x$

$$F_x = n \cdot V_x \quad \Rightarrow \quad V_x = \frac{F_x}{n}$$

- Forza normale N_x

Ipotesi: $N_{x,1} = N_{x,2} = \dots = N_{x,n} = N_x$

Momento di equilibrio:

$$F_x \cdot h_z = N_x \cdot \sum_{i=1}^n x_i$$

In caso di disposizione simmetrica dei fissaggi, il calcolo del momento può essere semplificato:

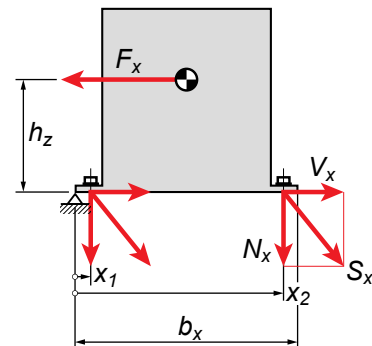
$$F_x \cdot h_z = \frac{n}{2} \cdot N_x \cdot b_x \quad \Rightarrow \quad N_x = \frac{2}{n} \cdot \frac{F_x \cdot h_z}{b_x}$$

- Forza di trazione trasversale S_x

Forza che agisce su un fissaggio (somma vettoriale di V_x e N_x)

$$S_x = \sqrt{V_x^2 + N_x^2} = \frac{F_x}{n} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{h_z}{b_x}\right)^2}$$

$$S_x = \frac{26,6}{8} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{600}{800}\right)^2} = 6,0 \text{ kN}$$



Effetto dell'urto in direzione y

- Forza sostitutiva statica F_y

$$F_y = F$$

- Forza trasversale V_y

Ipotesi: $V_{y,1} = V_{y,2} = \dots = V_{y,n} = V_y$

$$F_y = n \cdot V_y \quad \Rightarrow \quad V_y = \frac{F_y}{n}$$

- Forza normale N_y

Ipotesi: $N_{y,1} = N_{y,2} = \dots = N_{y,n} = N_y$

Momento di equilibrio:

$$F_y \cdot h_z = N_y \cdot \sum_{i=1}^n y_i$$

In caso di disposizione simmetrica dei fissaggi, il calcolo del momento può essere semplificato:

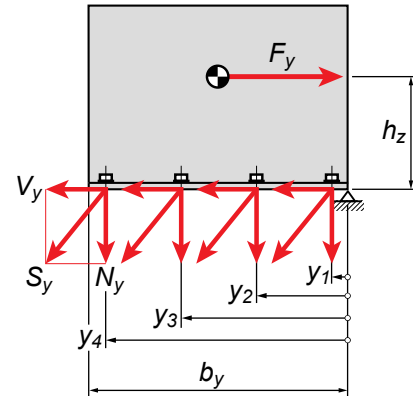
$$F_y \cdot h_z = \frac{n}{2} \cdot N_y \cdot b_y \quad \Rightarrow \quad N_y = \frac{2}{n} \cdot \frac{F_y \cdot h_z}{b_y}$$

- Forza di trazione trasversale S_y

Forza che agisce su un fissaggio (somma vettoriale di V_y e N_y)

$$S_y = \sqrt{V_y^2 + N_y^2} = \frac{F_y}{n} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{h_z}{b_y}\right)^2}$$

$$S_y = \frac{26,6}{8} \cdot \sqrt{1 + 4 \cdot \left(\frac{600}{1200}\right)^2} = 4,7 \text{ kN}$$

**Effetto dell'urto in direzione z**

- Carico proprio elemento montato G

$$G = m \cdot g = 170 \cdot 9,81 \approx 1,7 \text{ kN}$$

- Forza sostitutiva statica F_z

$$F_{z^+} = F - G = 24,9 \text{ kN} \quad F_{z^-} = F + G = 28,2 \text{ kN}$$

- Forza trasversale V_z

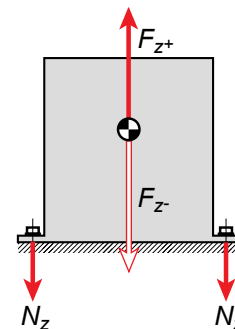
$$V_z = 0$$

- Forza normale N_z (è determinante la direzione +z)

Ipotesi: $N_{z,1} = N_{z,2} = \dots = N_{z,n} = N_z$

$$F_{z^+} = n \cdot N_z \quad \Rightarrow \quad N_z = \frac{F_{z^+}}{n}$$

$$N_z = \frac{24,9}{8} = 3,1 \text{ kN}$$



Valore di dimensionamento dell'effetto dell'urto

Il valore di dimensionamento dell'effetto dell'urto $S_{d,shock}$ determinante per l'attestazione della resistenza agli urti dei fissaggi corrisponde alla forza di fissaggio massima per gli effetti degli urti in direzione x, y o z:

$$S_{d,shock} = \max(S_x, S_y, N_z) = S_x = 6,0 \text{ kN}$$

8.4 Attestazione della resistenza agli urti del fissaggio

Per il fissaggio resistente agli urti devono essere obbligatoriamente utilizzati sistemi di tasselli omologati dall'Ufficio federale della protezione della popolazione UFPP. Le liste dei sistemi di tasselli omologati e i valori di dimensionamento delle resistenze agli urti dei tasselli $R_{d,shock}$ si trovano nella seguente banca dati:

<https://www.zkdb.vbs.admin.ch>

La resistenza agli urti è attestata se è soddisfatta la seguente condizione:

$$R_{d,shock} \geq S_{d,shock}$$

$R_{d,shock}$ valore di dimensionamento della resistenza agli urti del tassello

$S_{d,shock}$ valore di dimensionamento dell'effetto dell'urto su un tassello

8.5 Ausilio per il calcolo

Di seguito sono illustrati i punti di fissaggio più frequenti degli elementi montati nelle costruzioni di protezione. Per queste situazioni, sul sito Internet dell'Ufficio Federale della protezione della popolazione, UFPP (www.babs.admin.ch), è disponibile un ausilio per il calcolo delle forze di fissaggio. I fogli di calcolo basati su Excel possono essere scaricati al seguente link:

[Calcolo giustificativo semplificato dei fissaggi antiurto \(2018\)](#)

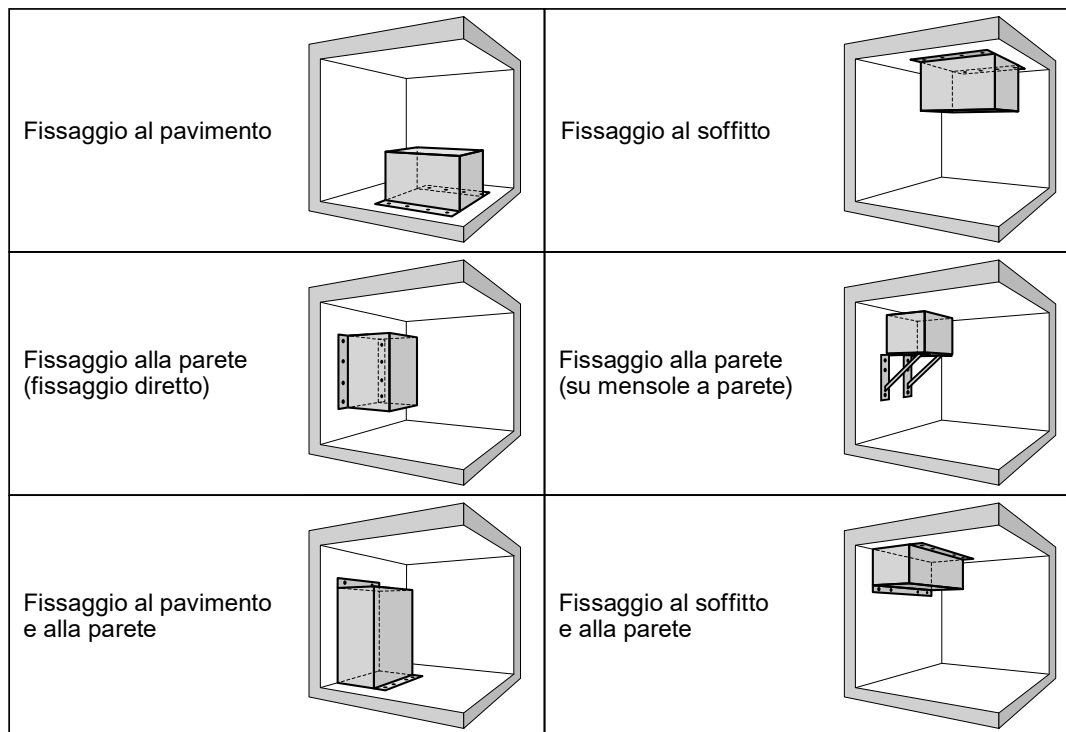


Fig. 12 Tipi di fissaggi di elementi montati in costruzioni di protezione per i quali è disponibile un ausilio per il calcolo giustificativo semplificato dei fissaggi resistenti agli urti

9 Movimento relativo degli elementi montati non fissati

Il carico improvviso trasmesso alla superficie terrestre dall'onda d'urto di un'arma nucleare si propaga nel sottosuolo provocando un'onda sismica indotta e uno scuotimento dell'intera costruzione (vedi anche il punto 2.2.). Le forze inerziali che agiscono sugli elementi montati non fissati fanno sì che essi rimangano in posizione o che la costruzione di protezione si sposti rispetto a tali elementi. Per questo movimento relativo fanno stato i valori d'urto standard o i valori massimi dell'eccitazione al piede (movimento del supporto) secondo il punto 2.3:

Grado di protezione	«Base»	«3 bar»
Spostamento relativo massimo s_{max}	0.10 m	0.25 m
Accelerazione massima a_{max}	12.5 g	16.0 g

A seconda dell'altezza del baricentro, delle dimensioni della superficie d'appoggio e dell'attrito radente, in caso d'urto gli elementi non fissati si inclinano o scivolano (si spostano). Nel secondo caso, lo spostamento relativo del baricentro corrisponde allo spostamento relativo massimo s_{max} della costruzione di protezione. Nella figura 13 sono rappresentati in modo schematico gli spostamenti relativi di un elemento montato non fissato in caso di spostamento orizzontale della costruzione di protezione:

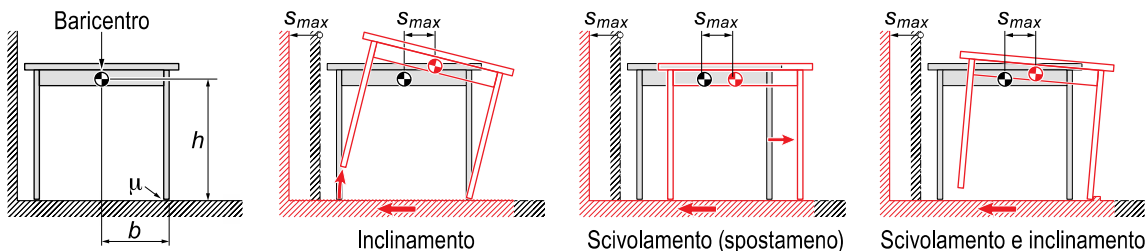


Fig. 13 Movimento degli elementi montati non fissati in caso di spostamento orizzontale della costruzione di protezione

Dato che la forza d'urto che agisce sul baricentro (forza equivalente statica F , punto 8.1) è sempre di gran lunga superiore alla massa (peso proprio) dell'elemento stesso, in caso d'urto gli elementi non fissati scivolano o si inclinano. L'inclinamento di un elemento non può tramutarsi in scivolamento così come lo scivolamento di un elemento non può tramutarsi in inclinamento, a meno che l'elemento non incontri un ostacolo al suolo (gradino, punto d'arresto).

L'elemento montato si inclina se il rapporto tra la dimensione della superficie d'appoggio e l'altezza del baricentro (b/h) è inferiore al coefficiente di attrito statico μ :

- Inclinamento: $b/h < \mu$

L'elemento montato scivola se il rapporto tra la dimensione della superficie d'appoggio e l'altezza del baricentro (b/h) è superiore al coefficiente di attrito statico μ :

- Scivolamento: $b/h > \mu$

I coefficienti di attrito che determinano lo scivolamento sul pavimento dipendono dal tipo di superficie del pavimento e del basamento dell'elemento montato e dai materiali che li compongono. In generale variano molto. Dei valori di riferimento per il coefficiente di attrito statico μ sono riportati nella seguente tabella 2.

Attrito statico	Esempi	Coefficiente di attrito statico
basso	Rivestimenti per pavimenti in ceramica, piastre in acciaio	$\mu = 0,2$
moderato	Calcestruzzo liscio (verniciato), rivestimenti per pavimenti in materia sintetica	$\mu = 0,3$
piuttosto elevato	Calcestruzzo grezzo (non verniciato)	$\mu = 0,4$
elevato	Tappetino in gomma, tappetino antiscivolo	$\mu = 0,5$

Tab. 2 Valori indicativi dei coefficienti di attrito statico

Anche se il coefficiente di attrito statico non è noto, in base alla posizione del baricentro è spesso abbastanza facile capire se in caso d'urto un elemento montato non fissato scivola o si inclina. Inoltre, dato che per il calcolo si deve sempre utilizzare lo spostamento relativo massimo s_{max} , anche nei casi limite (p. es. $b/h \approx 1/3$) è raramente decisivo se questo spostamento sia dovuto a inclinamento o scivolamento.

La figura 14 riportata di seguito fornisce una panoramica esaustiva di tutti i possibili casi. Essa mostra come in caso d'urto orizzontale il baricentro degli elementi montati non fissati che si possono spostare liberamente, si spostano sempre di s_{max} rispetto alla costruzione di protezione. Solo gli elementi montati il cui baricentro è molto vicino al bordo d'inclinazione ($b < s_{max}$), si ribaltano completamente e cadono.

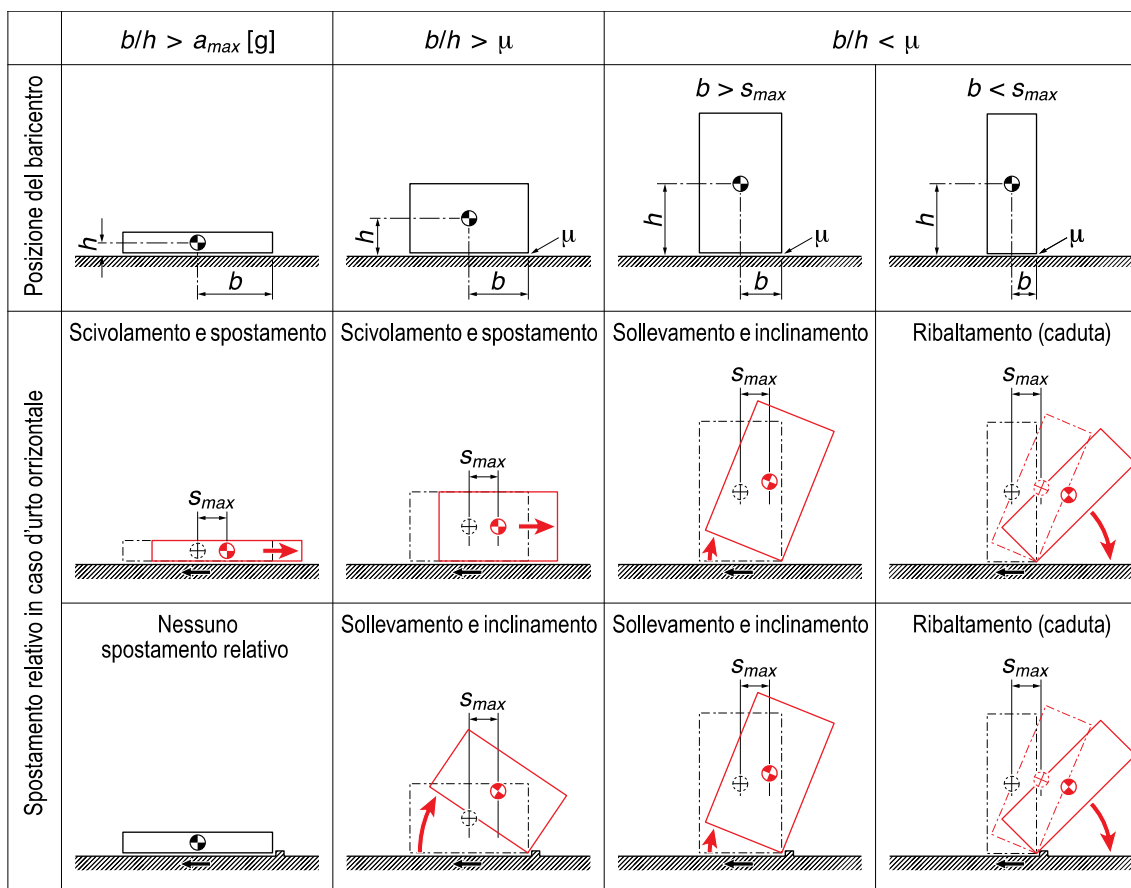


Fig. 14 Panoramica del movimento relativo degli elementi montati non fissati