

MINISTERO LAVORO circolare 1° settembre 1987, n. 97

Relazioni tecniche per i ponteggi a piani di lavoro autosollevanti. Istruzioni per la compilazione.

I ponteggi a piani di lavoro autosollevanti con circolare di questo Ministero n. 39 del 15 maggio 1980, su conforme parere della Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro - sono stati considerati soggetti alla disciplina autorizzativa di cui all'art. 30 del D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164.

Sulla base di tale determinazione, sono state a suo tempo emanate istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche allegate alle domande di autorizzazione.

L'evoluzione tecnologica, nonché l'allineamento delle norme di calcolo agli attuali standards internazionali, hanno reso necessario un affinamento di dette istruzioni e pertanto si è predisposto l'unito allegato tecnico redatto su conforme parere dei competenti organismi (C.N.R. e Commissione consultiva permanente per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro) secondo il dettato dell'articolo citato, contenente le istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche di dette attrezzature.

Pertanto, i costruttori - alle cui organizzazioni settoriali tale documento è diretto - ed i progettisti dovranno attenersi, nella redazione delle documentazioni relative ai ponteggi in parola, alle istruzioni tecniche contenute nel documento stesso.

Tale documento costituisce altresì valido strumento per il controllo della regolarità delle installazioni ai fini della tutela dell'integrità fisica dei lavoratori per gli organi di vigilanza.

Allegato

Istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche relative a ponteggi a piani di lavoro autosollevanti

0. Generalità

0.1. Scopo

Scopo della presente specifica tecnica è quello di definire le caratteristiche relative alla costruzione, al montaggio, all'uso ed alla manutenzione di ponteggi di servizio a piani di lavoro autosollevanti.

0.2. Definizioni

0.2.1. Ponteggio di servizio

Si definisce "ponteggio di servizio" l'opera provvisoria necessaria a consentire lavori di costruzione o di manutenzione di opere edili.

0.2.2. Ponteggio di servizio a piani di lavoro autosollevanti

Si definisce "ponteggio di servizio a piani di lavoro autosollevanti" il ponteggio costituito da piani di lavoro sorretti da colonne che, attraverso opportuni meccanismi, possono essere posizionati in corrispondenza di livelli altimetrici diversi rispetto all'opera servita.

0.2.3. Elementi strutturali

0.2.3.1. Colonna

Si definisce "colonna" la struttura di sostegno dei piani di servizio.

0.2.3.2. Basamento

Si definisce "basamento" l'elemento strutturale che trasferisce al terreno le azioni delle colonne.

0.2.3.3. Ancoraggio

Si definisce "ancoraggio" l'elemento che vincola la colonna ad una struttura idonea a sopportare le azioni ad essa trasmesse.

0.2.3.4. Piano di lavoro

Si definisce "piano di lavoro" la struttura di servizio necessaria a consentire le attività lavorative.

0.2.3.5. Ponte di sicurezza

Si definisce "ponte di sicurezza" l'opera provvisoria necessaria a garantire funzioni di sottoponte del piano di lavoro.

0.2.3.6. Mensola di accostamento

Si definisce "mensola di accostamento" l'elemento strutturale che consente l'ampliamento del piano di lavoro verso l'opera servita.

0.2.3.7. Sistema di sollevamento

Si definisce "sistema di sollevamento" l'insieme dei meccanismi che consentono il movimento dei piani di lavoro.

0.2.3.8. Paracadute

Si definisce "paracadute" il sistema protettivo che realizza l'arresto del piano di lavoro in caso di rottura del sistema di sollevamento o quando la velocità del piano di lavoro in discesa superi del 20% la velocità di esercizio.

0.2.4. Sistema funzionale

Si definisce "sistema funzionale" l'insieme di elementi strutturali (piani di lavoro, colonne e mensole di accostamento) idonei a realizzare le opere provvisorie necessarie per consentire in sicurezza le attività lavorative.

0.2.5. Fabbricante

Per "fabbricante" si intende la persona fisica o giuridica che produce le opere provvisorie oggetto della presente specifica.

Per opere provvisorie costruite all'estero le funzioni del fabbricante sono attribuite al legale rappresentante in Italia che commercializza i prodotti.

La qualifica di fabbricante deve essere documentata attraverso certificato di iscrizione alla Camera di commercio, industria, artigianato.

0.2.6. Stabilimento di produzione

Per "stabilimento di produzione" si intende la denominazione e l'ubicazione degli edifici ove, sotto la responsabilità del fabbricante, vengono costruiti gli elementi strutturali costituenti il sistema funzionale.

0.2.7. Laboratori ufficiali

Per "laboratori ufficiali" si intendono:

- il laboratorio dell'ISPESL,
- i laboratori delle Università e Politecnici dello Stato,
- i laboratori di istituti tecnici di Stato, riconosciuti ai sensi della legge 5 novembre 1971, n. 1086.

0.3. *Modalità di presentazione delle relazioni tecniche*

0.3.1. Le documentazioni devono essere redatte in lingua italiana.

0.3.2. Prima della trattazione dei punti del capitolo I è necessario indicare l'ubicazione dello stabilimento di produzione degli elementi strutturali.

0.3.3. Le relazioni tecniche, i disegni e le eventuali integrazioni - devono essere datate e firmate, in ogni pagina, dal fabbricante e dal progettista. Le pagine devono essere numerate.

La qualifica di fabbricante deve risultare da certificato di iscrizione alla Camera di commercio, industria, artigianato.

0.3.4. Nella relazione tecnica devono essere forniti gli elementi necessari a caratterizzare le condizioni di sicurezza relative ai sistemi funzionali di maggior impegno indicando le varianti che non richiedono la necessità di presentazione di relazioni tecniche integrative.

1. Descrizione degli elementi strutturali, loro dimensioni con le tolleranze ammissibili e schema dell'insieme

Si devono presentare i disegni d'insieme di tutti gli elementi strutturali e i disegni costruttivi quotati dei singoli elementi.

Devono inoltre essere presentati i disegni dei meccanismi e gli schemi funzionali dei circuiti elettrici ed idraulici.

1.1. Descrizione

Devono essere descritte le funzioni degli elementi strutturali impiegati per la realizzazione dei sistemi funzionali.

Nella descrizione degli elementi stessi devono essere indicati i sistemi per realizzare il collegamento tra loro, che devono essere tali da impedire la rimozione degli elementi montati senza un'azione volontaria di disattivazione dei dispositivi di fermo, di blocco o di collegamento.

Nel caso di collegamento a vite la condizione di cui al capoverso precedente è soddisfatta quando, a dado serrato, la parte terminale del gambo filettato del bullone sporga per non meno di cinque filetti.

Tale condizione non è richiesta quando il collegamento venga realizzato con dado e controdado.

1.2. Dimensioni e tolleranze

Per ogni elemento strutturale devono essere indicati, su tabella, i tipi dei profilati impiegati con la specificazione delle caratteristiche dimensionali delle sezioni e delle tolleranze; per i componenti unificati è sufficiente fare riferimento al tipo ed alla norma UNI o ISO, allegando la relativa tabella di normalizzazione.

Nei disegni vanno indicate in ogni caso le dimensioni longitudinali e le tolleranze relative.

Quando necessario, i particolari degli elementi costruttivi (collegamenti, ancoraggi, ecc.) debbono essere riportati in scala adeguata. Nella relazione devono essere indicate le effettive possibilità di accoppiamento tra elementi (spine, innesti, ecc.).

Debbono inoltre essere indicate le dimensioni dei cordoni di saldatura. Sugli elementi strutturali portanti e sui relativi accessori, sia nella relazione sia sui disegni, debbono essere indicati il nome o il marchio del fabbricante specificando la forma grafica, la zona di marchiatura e la caratteristica relativa (incisa o a rilievo).

Lo spessore minimo nominale degli elementi metallici non deve essere inferiore a 2,2 mm per tutti gli elementi strutturali, salvo che per gli impalcati metallici e le tavole fermapiEDE metalliche che devono avere in ogni caso spessore nominale non inferiore a mm 1.

Quando vengono utilizzati tubi, essi devono avere spessore s (in millimetri) non inferiore a $s = 1,4 + 0,031 d$ dove d è il diametro nominale esterno del tubo espresso in millimetri.

1.3. Schema dell'insieme

Per ogni sistema funzionale di attrezzatura che è possibile realizzare con gli elementi, deve essere descritto lo schema, illustrando la funzione specifica di servizio svolta dal sistema (nell'ambito delle tecnologie in oggetto) e precisando le funzioni svolte con riferimento al punto 0.2.

Analoga descrizione deve essere fornita per gli elementi strutturali particolari, quando utilizzabili singolarmente nei limiti di impiego previsti.

Alla descrizione devono essere allegati gli schemi funzionali delle soluzioni che possono essere realizzate con gli elementi strutturali.

E' possibile limitare gli schemi alla parte terminale o ad una delle parti ripetitive delle soluzioni possibili, indicando le dimensioni longitudinali e trasversali massime e minime compatibili con le ipotesi di calcolo.

Gli schemi funzionali prodotti costituiscono, insieme con i disegni in scala ridotta di tutti gli elementi strutturali e dei relativi marchi, gli schemi tipo di cui al capitolo 7.

I disegni relativi a ciascun schema funzionale devono essere conformi a quanto previsto nei punti seguenti.

1.3.1. Protezioni contro la caduta di persone

Esse sono costituite da:

- corrente di parapetto alto almeno m 1 dal piano di calpestio del piano di lavoro;
- fermapiede alto almeno cm 20.

La luce massima verticale tra fermapiede e corrente deve essere non superiore a cm 60.

1.3.2. Piano di calpestio

Quando il piano di calpestio è realizzato in legname, l'intavolato deve essere costituito da tavole assicurate contro tutti gli spostamenti e fra loro accostate; la luce massima tra intavolato ed opera servita, per lavori di finitura, non deve superare cm 20, in assenza di regolare parapetto.

Le dimensioni di ciascuna tavola devono essere non inferiori a 4 x 20 cm, per luci fino a m 1,20, ovvero, fermo restano l'obbligo di osservanza di tali minimi, con modulo di resistenza di ciascuna tavola maggiorato del 50%, per luci da m 1,20 a m 1,80.

Nel caso di impiego di piani di calpestio in lamiera di acciaio, i fori antisdrucchiolo non devono avere dimensioni superiori a 20 mm e le fenditure delle lamiere non devono avere una superficie superiore a 314 mm².

Nel caso di impiego di piani di calpestio in materiali diversi dal legname o dalla lamiera di acciaio devono essere indicate le caratteristiche dei materiali utilizzati.

1.3.3. Ponte di sicurezza

Il ponte di sicurezza deve avere le stesse caratteristiche del ponte realizzato per il piano di lavoro e deve essere posto a distanza non superiore a m 2,50 da questo.

Il ponte di sicurezza non è richiesto:

- a) quando il piano di lavoro è realizzato in elementi assoggettati alle prove di cui al punto 3;
- b) quando la distanza massima tra i traversi di sostegno dell'impalcato in legname del piano di lavoro non è superiore a 60 cm ovvero quando si faccia ricorso a soluzioni staticamente equipollenti.

1.3.4. Protezioni contro la caduta di materiali

Qualora non si ricorra alla segregazione dell'area sottostante la zona interessata dal sistema, da prevedere comunque nelle istruzioni di montaggio, impiego e smontaggio, le protezioni contro la caduta dei materiali devono essere realizzate ricorrendo ad uno dei mezzi alternativi seguenti:

- tavolato parasassi, esteso per almeno m 1,20 oltre il filo dell'impalcato dei ponti;
- chiusura continua con graticci (o in rete a maglie con dimensioni non superiori a cm 0,5) del fronte dei ponti, alta m 1,00 dal piano di calpestio dei ponti e raccordata all'intavolato.

1.3.5. Dispositivi di sicurezza

Devono essere descritti i seguenti sistemi e dispositivi di sicurezza:

- a) dispositivi automatici di arresto per inclinazioni del piano di lavoro superiori al 10%;
- b) dispositivi di fine corsa per il moto del piano di lavoro, in salita ed in discesa;
- b₁) dispositivi di extra corsa per il moto del piano di lavoro in salita;
- c) dispositivi automatici di arresto in caso di assenza di forza motrice;
- d) dispositivi di sicurezza (paracadute) in caso di rottura del meccanismo di sollevamento o di eccesso di velocità del piano di lavoro oltre il 20% rispetto a quella di esercizio o indicazione delle misure sostitutive adottate;
- e) dispositivi di messa a livello di basamenti;
- f) modalità di realizzazione degli ancoraggi delle colonne a parti stabili;
- g) sistemi di accesso al piano di lavoro;
- h) sistemi per la movimentazione delle mensole di accostamento;
- i) dispositivi di arresto del moto del piano di lavoro nel caso di interferenza con ostacoli fissi solo per velocità superiori a 0,1 m/s;
- l) dispositivi per la discesa del piano di lavoro in caso di emergenza.

1.3.6. Caratteristiche dei meccanismi

Quando utili ai fini della sicurezza, devono essere fornite le caratteristiche dei meccanismi (vedi punto 4.4.3).

In ogni caso la velocità di movimento dei piani non deve superare 0,12 m/sec.

1.3.7. Impianto elettrico

Circuiti di sicurezza

Un guasto nel sistema di alimentazione di energia o nel circuito di controllo della macchina, non deve, da solo, provocare una situazione di pericolo, ed in particolare la messa in moto intempestiva

di un elemento mobile della macchina, impedirne l'arresto automatico o comandato, renderne inefficienti i dispositivi di protezione o invertirne il senso di movimento.

Qualora un secondo guasto, aggiunto al primo, possa determinare le suddette condizioni di pericolo, il primo guasto al suo manifestarsi deve porre fuori servizio la macchina. In tale caso non deve essere possibile rimettere in funzione la macchina prima dell'eliminazione del guasto stesso.

Fra i guasti possibili devono essere previsti in particolare:

- diminuzione o mancanza di tensione;
- interruzione della continuità di un conduttore;
- difetto di isolamento verso massa o verso terra;
- cortocircuito o interruzione di un componente elettrico (quale ad esempio condensatore, resistenza, transistor, lampada);
- mancata attrazione o attrazione incompleta dell'armatura mobile di un contattore o di un relè;
- mancata caduta dell'armatura mobile di un contattore o di un relè;
- mancata apertura di un contatto non a distacco obbligato;
- mancata chiusura di un contatto;
- inversione di fase.

Requisiti di installazione

Realizzazione

L'impianto elettrico dell'apparecchio deve essere realizzato a regola d'arte così da consentire una manutenzione ed uso corretto del ponteggio in maniera da prevenire i pericoli derivanti dalla energia elettrica.

Componenti

I componenti dell'equipaggiamento elettrico dell'apparecchio devono rispondere alle rispettive norme di buona tecnica.

Tensione di alimentazione

La tensione massima di alimentazione dell'impianto elettrico del ponteggio deve essere non superiore a 220 V verso terra in c.a. e 500 V in c.c.

Modalità della connessione

La connessione della linea di alimentazione del ponteggio alla sorgente elettrica deve avvenire tramite interruttore generale.

Caratteristiche di protezione meccanica

Salvo indicazioni particolari più restrittive, le apparecchiature elettriche devono essere fornite di grado di protezione meccanica non inferiore a IPx55 secondo le norme CEI 70.1.

Cavi

I cavi utilizzati nel ponteggio devono essere del tipo adatto alla posa per esterni; i conduttori devono essere di rame.

I cavi, se con posa a vista, devono avere rivestimento isolante continuo, adatto al tipo di posa e devono comunque essere forniti di guaina isolante antiabrasiva.

La posa in opera dei cavi deve essere fatta in modo che le condutture non risultino danneggiate nè da persone e cose nè dalla parte mobile dell'impianto; essa, inoltre, deve avvenire, per quanto possibile, fuori dalle vie di transito pedonale; non deve consentire la formazione di bruschi piegamenti e deve essere fatta in maniera da evitare danneggiamenti e sforzi meccanici eccessivi.

Giunzioni e deviazioni

Le connessioni devono essere assicurate contro gli allentamenti accidentali e gli strappi; la loro scelta deve essere fatta fra quelle ammesse ed eseguite con tecniche adatte. Per le modalità di esecuzione delle connessioni devono essere fornite adeguate istruzioni per permettere all'utente di procurarsi la necessaria attrezzatura e capacità per eseguire la manutenzione.

Sezioni

Il dimensionamento delle linee elettriche deve essere fatto a regola d'arte; devono comunque essere rispettate le seguenti sezioni minime:

1,5 mm² per i conduttori dei circuiti di manovra;

2,5 mm² per i conduttori dei circuiti di F.M.

Guaine isolanti

Le guaine isolanti dei conduttori devono essere del tipo approvato per tensioni nominali di esercizio non inferiori a 450/750 V.

La colorazione delle guaine deve essere:

- blu chiaro per il conduttore di neutro;
- giallo-verde per i conduttori di protezione.

Protezione contro i contatti diretti

- Da linee aeree esterne

Ferme restando le maggiori distanze stabilite dalle norme per l'esecuzione delle linee elettriche esterne è vietato eseguire il montaggio dell'apparecchio in prossimità di linee elettriche esterne

poste a distanza minore di 5 m dal ponteggio a meno che, previa segnalazione all'ente distributore dell'energia elettrica, non si provveda, da parte del preposto ai lavori, al posizionamento di protezioni atte ad evitare contatti accidentali o pericolosi avvicinamenti ai conduttori delle linee elettriche esterne. Nel caso di maneggio, sollevamento o trasporto di materiali di notevole lunghezza, devono adottarsi cautele e misure supplementari onde evitare, in ogni caso, che le estremità di detti materiali possano trovarsi a meno di 2 m dal più vicino conduttore della linea elettrica al netto delle oscillazioni massime possibili del conduttore e dei materiali stessi.

- Dalle apparecchiature

Le apparecchiature elettriche devono essere fornite di "protezione totale" contro i contatti elettrici diretti.

Protezione contro i contatti indiretti

Sull'apparecchio deve essere installato un sistema di protezione contro i contatti indiretti realizzato mediante interruzione automatica del circuito di alimentazione. Il dimensionamento dell'impianto di terra deve essere fatto secondo criteri di buona tecnica; è comunque obbligatorio l'uso di un interruttore differenziale ad alta sensibilità per il coordinamento dell'impianto di protezione.

Protezioni da sovraccarichi

I conduttori devono essere protetti contro i sovraccarichi.

Protezioni da cortocircuito

I conduttori devono essere protetti contro i cortocircuiti.

Protezione contro le scariche atmosferiche

L'apparecchio deve essere fornito di morsetti di connessione per un'eventuale protezione della struttura contro le scariche atmosferiche.

2. Caratteristiche di resistenza dei materiali e coefficienti di sicurezza

2.1. Materiali

Nella costruzione di elementi principali delle strutture metalliche è ammesso l'impiego dei seguenti tipi di materiali:

Acciai normali: Fe 360, Fe 430, Fe 510.

Acciai ad elevata resistenza: S 420, S 490, S 590, S 690.

Leghe di alluminio: n° 2014, 2024, 5052, 5054, 5086, 5454, 5083, 6060, 6061, 6082, 7020, 7075.

Nella relazione tecnica per ogni tipo di profilato utilizzato è sufficiente l'indicazione della denominazione indicata nei prospetti 2-I; 2-II; 2-III; 2-IV; 2-V e 2-VI allegati.

L'impiego di tipi di acciaio ovvero di metalli o loro leghe diversi da quelli indicati è consentito purchè, attraverso adeguata documentazione teorica e sperimentale, venga garantita una sicurezza non minore di quella prevista dalla presente specifica tecnica.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova saranno rispondenti alle prescrizioni delle norme UNI 551, 552, 556, 556/2a, 4713, 7070.

Le presenti norme non riguardano gli elementi di lamiera grecata ed i profilati formati a freddo. Per essi possono essere seguite le istruzioni CNR-UNI 100/22, oppure altri criteri fondati su ipotesi teoriche e risultati sperimentali chiaramente comprovati.

Prospetto 2-I

Profilati, barre, larghi piatti, lamiere

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristiche o parametro		Fe 360 (1) (Fe 37)	Fe 430 (1) (Fe 44)	Fe 510 (1) (Fe 52)	
f_t	R	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione N/mm ²		≥ 360	≥ 430	≥ 510	
f_y	R _s	Tensione (carico unitario) di snervamento N/mm ²		≥ 235 (2)	≥ 275 (2)	≥ 355 (3)	
KV	KV	Resilienza KV (J)	B	+ 20° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C	0° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D	- 20° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
a_t	A	Allungamento percentuale a rottura ($L_0 = 5,65 \cdot \sqrt{A_0}$)					
		- per lamiere - per barre (laminati mercantili), profilati, larghi piatti		≥ 26 (4) ≥ 28 (4)	≥ 23 (4) ≥ 24 (4)	≥ 21 (4) ≥ 22 (4)	

(1) Rientrano in questi tipi di acciai, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 e Fe 510 nei gradi B, C e D della UNI 7070, anche altri tipi di acciai purchè rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm², per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm², per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 30 N/mm².

(3) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 30 mm è ammessa la riduzione di 10 N/mm², per spessori maggiori di 30 mm fino a 50 mm è ammessa la riduzione di 20 N/mm².

(4) Per spessori fino a 40 mm; per spessori maggiori di 40 mm fino a 63 mm è ammessa la riduzione dell'1%; per spessori maggiori di 63 mm fino a 100 mm è ammessa la riduzione di 2%.

Prospetto 2-II

Profili cavi

Simbolo adottato	Simbolo UNI	Caratteristiche o parametro		Fe 360 (1) (Fe 37)	Fe 430 (1) (Fe 44)	Fe 510 (1) (Fe 52)	
f_t	R	Tensione (carico unitario) di rottura a trazione N/mm^2		≥ 360	≥ 430	≥ 510	
f_y	R_s	Tensione (carico unitario) di snervamento N/mm^2		≥ 235 (2)	≥ 275 (2)	≥ 355 (3)	
KV	KV	Resilienza KV (J)	B	+20° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			C	0° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
			D	-20° C	≥ 27	≥ 27	≥ 27
σ_t	A	Allungamento percentuale a rottura ($L_0 = 5,65 \sqrt{A_0}$)		≥ 24	≥ 21	≥ 20	

(1) Rientrano in questi tipi di acciaio, oltre agli acciai Fe 360, Fe 430 e Fe 510 nei gradi B, C e D della UNI 7806 e 7810, anche altri tipi di acciai purchè rispondenti alle caratteristiche indicate in questo prospetto.

(2) Per spessori fino a 16 mm; per spessori maggiori di 16 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di $10 N/mm^2$.

(3) Per spessori fino a 16 mm; per spessori oltre 16 mm fino a 35 mm è ammessa la riduzione di $10 N/mm^2$, per spessori maggiori di 35 mm fino a 40 mm è ammessa la riduzione di $20 N/mm^2$.

Prospetto 2-III

Classe			S 420	S 490	S 590	S 690
Tensione di rottura in N/mm^2			540	570	640	780
Tensione di snervamento in N/mm^2			420 (1)	490 (2)	590 (2)	690 (2)
Allungamento $5d$ in %			19	16	15	14
Resilienza Charpy V a -20° C (J)	Spess. in mm	< 20	40	43	35	35
		> 20	40	47	39	39

(1) Per spessori < 16 mm

Per spessori da 16 fino a 35 mm è ammessa una riduzione di $10 N/mm^2$

Per spessori da 35 fino a 50 mm è ammessa una riduzione di $20 N/mm^2$

Per spessori da 50 fino a 70 mm è ammessa una riduzione di $40 N/mm^2$

(2) Per spessori < 50 mm

Per spessori da 50 fino a 70 mm è ammessa una riduzione di $20 N/mm^2$

Prospetto 2-IV

Caratteristiche meccaniche (*)

Designazione		Riferimento della norma	Stato fisico (**)	Spessore		Caratteristiche meccaniche		
Convenzionale	numerica			Laminato mm	E struso mm	$f_{0,2}$ min. N/mm ²	f_1 min. N/mm ²	ϵ_1 min. %
P-Al Cu4,4Si Mn Mg	2014	UNI 9002	T6	--	9 a 20	370	410	7
P-Al Cu4,4Si Mn Mg	2014		T6	--	(1) (2)	345	445	9
P-Al Cu4,5Mg Mn	2024		T3	20	--	275	425	8
P-Al Mg2,5	5052	UNI 9005	H32	6	--	175	215	8
P-Al Mg2,7	5054		H32	6	--	175	245	8
P-Al Mg4,4	5086		0	8 a 75	--	110	255	12
P-Al Mg4,4	5086		H32	6	--	215	285	12
P-Al Mg4,5	5083		0	--	(1)	110	265	12
P-Al Mg Si	6060	UNI 9006	T5 - T6	--	12	145	195	11
P-Al Mg Si 1 Mn	6082		T6	4	--	245	295	11
P-Al Mg Si 1 Mn	6082		T6	--	(1)	265	315	10
P-Al Mg1 Si Cu	6061		T5 - T6	6	--	245	295	10
P-Al Mg1 Si Cu	6061		T5 - T6	--	(1)	235	265	9
P-Al Zn4,5 Mg	7020	UNI 9007	T1 - T4	12	(1)	215	315	10
P-Al Zn4,5 Mg	7020		T5 - T6	12	(1)	275	355	8
P-Al Zn5,8 Mg Cu	7075		T6	13	--	450	520	8
P-Al Zn5,8 Mg Cu	7075		T6	--	38	460	540	7

(*) Per le leghe e gli stati non contemplati nel presente prospetto, fare riferimento ai dati riportati nelle specifiche norme.

(**) Vedere UNI 8278.

(1) Qualsiasi spessore.

(2) Fucinati e stampati.

Tabella 2-V

Caratteristiche meccaniche delle leghe colate in sabbia

Designazione		Stato fisico	Provette colata a parte (2)			Provette di dissezione			Durezza HB min
Convenzionale	numerica (1)		f_1 min. N/mm ²	$f_{0,2}$ min. N/mm ²	ϵ_1 min. %	f_1 min. N/mm ²	$f_{0,2}$ min. N/mm ²	ϵ_1 min. %	
G-AlCu 4,5 UNI 3044	295.0	F	120	80	6	95	65	3	50
		T4	195	145	6	155	115	3	55
		T6	245	195	2	195	155	1	75
G-AlMg 7 UNI 3057	A535.0	F	155	100	2	125	80	1	65
		T4	175	120	3,5	140	95	1,5	70
G-AISI 9 MnMg UNI 3051	359.0	T6	215	165	2	170	130	1	80
G-AISI 7 MgMn UNI 3599	A356.0	T6	225	175	2	180	140	1	70

(1) La corrispondenza tra la designazione "convenzionale" sec. UNI e la designazione "numerica" sec. Aluminium Association deve ritenersi indicativa in quanto le due designazioni, pur riferendosi a materiali sostanzialmente corrispondenti come proprietà meccaniche, possono presentare limiti di composizione chimica non del tutto coincidenti.

(2) Secondo UNI 3039.

Tabella 2-VI

Caratteristiche meccaniche delle leghe colate in conchiglia

Designazione		Stato fisico	Provette colata a parte (2)			Provette di dissezione			Durezza HB min
Convenzionale	numerica (1)		f ₁ min. N/mm ²	f _{0,2} min. N/mm ²	ε ₁ min. %	f ₁ min. N/mm ²	f _{0,2} min. N/mm ²	ε ₁ min. %	
G-ALMg 7 UNI 3057	A535.0	F	235	110	7	190	90	3,5	65
		T4	255	130	5	205	105	2,5	70
G-AISI 9 MnMg UNI 3051	359.0	T6	245	195	3,5	195	155	1,5	80
G-AISI 7 MgMn UNI 3599	A356.0	T6	255	175	6	205	140	3	90

(1) La corrispondenza tra la designazione "convenzionale" sec. UNI e la designazione "numerica" sec. Aluminium Association deve ritenersi indicativa in quanto le due designazioni, pur riferendosi a materiali sostanzialmente corrispondenti come proprietà meccaniche, possono presentare limiti di composizione chimica non del tutto coincidenti.

(2) Secondo UNI 3039.

2.2. Resistenze di calcolo

Nella relazione devono essere indicati i valori convenzionali delle resistenze di calcolo dei materiali in relazione al metodo di calcolo adottato (semiprobabilistico agli stati limite o delle tensioni ammissibili).

Le verifiche condotte con il metodo delle tensioni ammissibili fanno riferimento alle seguenti condizioni di carico:

- verifiche degli impalcati e dei correnti di parapetto: I condizione di carico;
- verifica degli elementi strutturali principali: II condizione di carico;
- verifiche in caso di funzionamento del paracadute: III condizione di carico.

In ogni caso non possono essere ammesse resistenze di calcolo (in N/mm²) superiori ai seguenti valori:

A. Acciai laminati

Materiale	Metodo tensioni ammissibili			Metodo agli stati Resistenze di calcolo
	Tensioni ammissibili			
	Condizioni di carico			
	I	II	III	
Fe 360	160	180	202	235
Fe 430	190	213	239	275
Fe 510	240	270	303	355
S 420	270	300	337	405
S 490	285	320	360	425
S 590	320	360	405	480
S 690	390	440	495	585

B. Leghe di alluminio

Resistenza di progetto f e tensioni ammissibili σ_{adm} del materiale base (*)

Designazione		Riferimento della norma	Stato fisico (**)	Spessore		Condizione di carico		
Convenzionale	numerica			Laminato mm	Estruso mm	I	II	III
						σ_{adm} N/mm ²		
P-Al Cu4,4Si Mn Mg	2014	UNI 9002	T6	--	9 a 20	204	232	267
P-Al Cu4,4Si Mn Mg	2014		T6	--	(1) (2)	202	230	265
P-Al Cu4,5Mg Mn	2024		T3	≤ 20	--	161	183	211
P-Al Mg2,5	5052	UNI 9005	H32	≤ 6	--	102	116	134
P-Al Mg2,7 Mn	5054		H32	≤ 6	--	102	116	134
P-Al Mg4,4	5086		0	8 a 75	--	64	73	84
P-Al Mg4,4	5086		H32	≤ 6	--	126	143	165
P-Al Mg4,5	5083		0	--	(1)	64	73	84
P-Al Mg Si	6060	UNI 9006	T5 - T6	--	≤ 12	85	96	111
P-Al Mg Si1 Mn	6082	UNI 9004	T6	≤ 4	--	144	163	188
P-Al Mg Si 1 Mn	6082	UNI 9006	T6	--	(1)	155	176	213
P-Al Mg1 Si Cu	6061		T5 - T6	≤ 6	--	144	163	188
P-Al Mg1 Si Cu	6061		T5 - T6	--	(1)	132	150	173
P-Al Zn4,5 Mg	7020	UNI 9007	T1 - T4	≤ 12	(1)	126	143	465
P-Al Zn4,5 Mg	7020		T5 - T6	≤ 12	(1)	161	183	211
P-Al Zn5,8 Mg Cu	7075		T6	≤ 13	--	260	294	339
P-Al Zn5,8 Mg Cu	7075		T6	--	≤ 38	270	306	353

(*) Per le leghe e gli stati non contemplati nel presente prospetto, fare riferimento ai dati riportati nelle specifiche norme.

(**) Vedere UNI 8278.

(1) Qualsiasi spessore.

(2) Fucinati e stampati.

3. Indicazione delle prove di carico cui sono stati sottoposti i vari elementi

3.1. Prove sui prodotti laminati

Per i prodotti in acciaio qualificati dal Ministero dei lavori pubblici con le modalità previste dal punto 10.2 delle istruzioni CNR 10011 è sufficiente la dichiarazione del fabbricante del laminato attestante che il prodotto è qualificato e riportante gli estremi del marchio e dell'ultimo certificato del laboratorio ufficiale.

Per i prodotti in acciaio non qualificati dal Ministero e per le leghe in alluminio devono essere forniti i certificati delle prove meccaniche effettuate su almeno tre saggi di ogni profilato impiegato e, per i prodotti saldati, delle caratteristiche di saldabilità previste per il tipo di processo di saldatura adottato.

3.2. Prove sui meccanismi

Le prove sui meccanismi devono risultare da certificazioni prodotte dal fabbricante del meccanismo ovvero da attestazioni del fornitore del meccanismo.

3.3. Prove sugli elementi strutturali

3.3.1. Colonne

Debbono essere effettuate prove di carico su almeno due colonne - costituite con elementi del tipo previsto - aventi altezza non inferiore alla massima distanza tra gli ancoraggi prevista dallo schema.

Il carico di prova deve essere applicato con le stesse modalità di vincolo realizzate nel montaggio del sistema.

In mezzeria deve essere applicato un carico orizzontale normale alla facciata di ancoraggio pari a 1 KN.

Le prove debbono essere condotte fino a collasso.

Sul certificato di prova deve essere annotato il carico di inizio delle deformazioni permanenti, il carico di rottura e le relative modalità.

3.3.2. Piani di lavoro

I piani di lavoro devono essere caricati in modo da realizzare due situazioni di carico:

- la prima corrisponde alla applicazione, sull'impalcato, del carico (unitario) di servizio, con una distribuzione cui corrisponda una condizione di maggiore impegno della struttura;
- la seconda corrisponde all'applicazione, al piano di lavoro, del carico di servizio e dell'azione del vento relativi alla condizione di lavoro, maggiorati di un terzo.

I carichi devono essere incrementati gradualmente fino a realizzare la prima situazione di carico che deve essere mantenuta per almeno 15 minuti primi: segue uno scarico completo; si realizza gradualmente la seconda situazione di carico che deve essere mantenuta per almeno 15 minuti primi, seguita da scarico finale.

Durante la prova di carico devono essere rilevate le più significative componenti degli spostamenti.

L'esito delle prove si considera soddisfacente:

- se non si manifestano negli elementi strutturali e nelle zone di vincolo dissesti, imbozzamenti o lesioni rilevabili a vista;
- se i residui allo scarico della prima e della seconda situazione di carico sono una frazione non superiore ad 1/10 delle corrispondenti frecce massime;
- se le frecce massime sperimentali sono non superiori a quelle teoriche.

Inoltre, qualora vengano rilevate anche le deformazioni, le deformazioni unitarie residue nei punti misurati non siano superiori a 50 .

Nei certificati di prova devono essere specificate le modalità di vincolo, le modalità di carico, la disposizione ed il tipo della strumentazione di minimo adottati, i risultati delle misure e i risultati delle ispezioni a queste effettuate.

3.3.3. Prove sugli elementi di impalcato metallici o diversi dal legname

Gli elementi di impalcato metallici o diversi dal legname sono assoggettati a prove intese a definire il comportamento dell'elemento, vincolato nelle stesse condizioni previste per l'impiego, quando viene assoggettato a carichi, applicati staticamente, crescenti fino ad un valore almeno pari al doppio di quelli normalmente previsti (di servizio e locali).

Le prove devono essere effettuate su cinque elementi di impalcato. La certificazione deve indicare le condizioni di vincolo, le modalità di applicazione dei carichi, gli strumenti di rilevazione utilizzati e le condizioni degli elementi di impalcato al termine della prova.

Questa in ogni caso non è considerata superata quando vengano accertate anche su un solo saggio rotture e deformazioni permanenti.

In alternativa alle prove su singoli elementi di impalcato è consentita l'effettuazione di una sola prova sull'impalcato nel suo insieme - normalmente montato sul piano di lavoro mediante graduale applicazione di un carico statico - pari a 2,5 volte il carico di servizio, previa adozione di eventuali accorgimenti atti a limitare le tensioni sulla struttura di sostegno dell'impalcato. La prova si ritiene superata se, al termine, non si siano verificate nell'impalcato rotture o deformazioni permanenti.

Per gli impalcati non metallici costituiti in materie plastiche, le prove devono essere condotte dopo aver proceduto ad invecchiamento artificiale degli elementi di impalcato - con modalità riportate nella certificazione di prova - in modo da simulare condizioni di degrado corrispondenti a prolungata esposizione agli agenti meteorici.

3.4. Prove sul paracadute

Il paracadute deve essere sottoposto a prova intesa ad accertarne l'idoneità.

Si dovrà inoltre accertare, durante la stessa prova, la compatibilità delle azioni trasmesse alle colonne con le caratteristiche di resistenza delle strutture medesime.

Le prove devono essere ripetute almeno tre volte con un carico di prova non inferiore a quello indotto dal piano di lavoro quando è caricato con il carico di servizio realizzando l'intervento sia in corrispondenza dell'ancoraggio sia in posizione mediana tra due ancoraggi.

Il certificato di prova deve quantizzare - in valore assoluto ovvero in incrementi percentuale - le azioni massime indotte negli elementi strutturali delle colonne e lo stato del dispositivo e del complesso strutturale dopo la prova.

4. Calcolo del ponteggio secondo varie condizioni di impiego

4.1. Tipi di ponteggi

Sono previsti due tipi di ponteggi:

- ponteggi da costruzione, destinati alla realizzazione di opere di costruzione edilizia;
- ponteggi da manutenzione, destinati ad attività di riparazione e di manutenzione.

4.2. Carichi

I carichi si distinguono in:

- carichi fissi;
- carichi variabili;
- carichi eccezionali.

4.2.1. Carichi fissi sono costituiti da:

- peso proprio della struttura;
- pesi permanenti portati.

4.2.2. Carichi variabili sono costituiti da:

a) carichi di servizio sui piani di lavoro, da valutare:

- 3000 N/m² per ponteggi da costruzione;
- 1500 N/m² per ponteggi da manutenzione.

b) Forze d'inerzia derivanti dalla movimentazione dei piani di lavoro.

Salvo più esatte determinazioni, tali forze debbono essere valutate con un fattore dinamico non inferiore a 1,1.

c) Vento

L'azione del vento viene valutata seguendo le istruzioni CNR 10012/85 con pressione pari a:

- 200 N/m² per la condizione di lavoro;
- 800 N/m² per la condizione di fuori servizio.

d) Neve

L'azione dovuta alla neve viene considerata in alternativa a quella dovuta ai carichi di servizio di cui alla lettera a).

La verifica può essere omessa quando l'autorizzazione sia richiesta per zone e per altitudini per le quali l'azione dovuta alla neve sia non superiore a quella dovuta a carichi di servizio e purchè nelle istruzioni di montaggio, impiego e smontaggio sia specificamente previsto l'obbligo di calcolo per realizzazioni più gravose rispetto a quelle autorizzate.

e) Verifiche di resistenza locale

Ai fini delle verifiche di resistenza locale debbono essere considerate inoltre, le seguenti azioni:

- sui parapetti, con un carico orizzontale pari a 500 N/m;
- sugli impalcati, con un carico di 1500 N - aggiuntivo rispetto a quello di esercizio - agente su una superficie di m 0,50 x 0,50, nella posizione più sfavorevole.

4.2.3. Carichi eccezionali

Quando ne sia prevista l'esistenza deve essere considerata l'azione dovuta all'intervento del paracadute.

La valutazione delle azioni relative deve essere effettuata sulla base delle risultanze delle prove previste al cap. 3.

4.3. *Calcolo delle strutture*

4.3.1. Generalità

Nella relazione di calcolo devono essere esplicitati i criteri di calcolo, le ipotesi di carico, gli schemi strutturali e le ipotesi di vincolo. In generale, salvo dimostrazione di affidabilità relativa all'accoppiamento, non viene ammessa la collaborazione del legname alla resistenza strutturale del sistema.

4.3.1.1. Le verifiche vanno condotte per tutte le strutture principali che costituiscono ciascun sistema funzionale seguendo le istruzioni del presente capitolo.

Sono considerate strutture principali, in ogni caso, le seguenti:

- colonne;
- basamenti;
- piani di lavoro e relative mensole di accostamento;
- ancoraggi;
- parapetti;
- pignoni e cremagliere;
- rulli;
- perni;
- alberi;
- cilindri e pistoni;
- ruote e catene;
- funi;
- riduttori del moto;
- giunti;
- elementi idraulici.

Debbono essere condotte tre verifiche:

a) una verifica relativa alla condizione di lavoro, cumulando, nel modo più sfavorevole:

- i pesi propri ed i carichi permanenti;
- i carichi di servizio o, se più sfavorevoli, carichi dovuti alla neve;
- le forze d'inerzia derivanti dalla movimentazione dei piani di lavoro;
- l'azione del vento previsto in condizioni di lavoro;

b) una verifica relativa alla condizione di fuori servizio, cumulando, nel modo più sfavorevole:

- i pesi propri ed i carichi permanenti;
- il 50% del carico di servizio previsto;
- l'azione del vento prevista per la condizione di fuori servizio.

Per quest'ultima è consentito considerare il piano di lavoro nella funzione altimetrica più bassa perchè nelle istruzioni di montaggio, impiego e smontaggio e negli schemi tipo sia indicato l'obbligo di osservare tale condizione al termine di ogni giornata lavorativa;

c) una verifica eccezionale per intervento del paracadute, quando il ponteggio di servizio a piani autosollevanti sia provvisto di tale dispositivo.

I ponteggi di servizio a piani di lavoro autosollevanti sono ammessi all'utilizzo nei mesi da giugno a settembre e, negli altri mesi, nelle zone e per le altitudini per le quali il carico di neve sia comunque inferiore al 50% del carico di servizio. Tale condizione deve essere riportata nelle istruzioni di montaggio, impiego e smontaggio e negli schemi tipo.

Per consentire l'impiego dei ponteggi autosollevanti senza necessità di calcolo per ogni singola installazione, in luogo della verifica di cui al punto b), deve essere condotta una verifica per le più gravose condizioni - da precisare nelle istruzioni di montaggio, impiego e smontaggio e sugli schemi tipo - con riferimento alla massima altitudine del sito di impiego sul livello del mare per ciascuna delle zone geografiche di innevamento previste dalla istruzione CNR 10012.

Per la valutazione delle verifiche si adottano i criteri indicati nei punti 5.2.2.2, 5.3.2.1 e 5.3.2.2 della istruzione CNR 10027.

4.3.1.2. Frecce teoriche

Ai fini della valutazione dei dati sperimentali, occorre indicare nella relazione i valori delle frecce teoriche corrispondenti alle situazioni di cui al punto 3.3.2.

4.3.2. Uso del calcolo automatico

Nella redazione dei calcoli è ammesso l'uso di elaboratori, purchè la relazione contenga, oltre a quanto previsto ai punti precedenti, informazioni relative a:

- la modellazione delle strutture dei vincoli;
- la schematizzazione delle azioni;
- la modellazione delle azioni;
- la modellazione dei materiali;
- tipo di analisi;
- individuazione dei codici di calcolo;
- grado di affidabilità dei codici;
- la motivazione della scelta dei codici.

I dati di ingresso e di uscita devono essere facilmente individuabili.

Alla relazione deve essere allegato un elaborato, effettuato con lo stesso programma, ipotizzando:

- l'azione di un solo carico convenzionale, applicato in una posizione significativa;
- l'azione dei soli carichi di servizio.

4.4. Calcolo dei meccanismi

4.4.1. Generalità

Nei ponteggi di servizio a piani autosollevanti devono essere utilizzati meccanismi calcolati secondo le istruzioni contenute nel presente capitolo, fornite di autocertificazione di conformità prodotta dal fabbricante del meccanismo.

4.4.2. Istruzioni di calcolo

4.4.2.1. Classificazione dei meccanismi in funzione del servizio

4.4.2.1.1. Classificazione di un meccanismo nel suo complesso

Classe di utilizzazione

La classe di utilizzazione è quella corrispondente a servizio regolare intermittente, che prevede una durata totale di 3200 ore.

Regime di carico

Il regime di carico è quello relativo ad una condizione di servizio pesante corrispondente a meccanismo soggetto abbastanza di frequente al massimo carico e, normalmente, a carichi pesanti.

4.4.2.1.2. Classificazione degli elementi

La classificazione degli elementi si basa sulla determinazione del numero equivalente dei cicli di tensione n_e mediante l'espressione:

$$n_e = n_t \cdot k_m$$

nella quale:

n_t è il numero totale dei cicli di tensione (cfr. 3.1.2)

k_m è il fattore di spettro di tensione (cfr. 3.1.3).

Per semplicità in questo punto 3.1 si indica con σ una tensione generica.

Nel caso di tensioni tangenziali lo stesso simbolo deve intendersi sostituito da τ .

3.1.2. Numero totale di cicli di tensione

Il numero totale dei cicli di tensione n è il presunto numero totale di cicli di tensione al quale l'elemento sarà sottoposto nel corso della sua vita, in dipendenza dei carichi applicati (cfr. 4).

Un ciclo di tensione è costituito dall'insieme di tensioni, a partire dal momento in cui la tensione considerata supera il valore σ_m definito in fig. I, fino al momento in cui per la prima volta sta per superare, nella stessa direzione, il valore σ_m .

Il numero di cicli di tensione è in rapporto con la durata totale del meccanismo al quale l'elemento appartiene, tenendo conto della sua velocità di rotazione e/o di altre circostanze che determinano il suo funzionamento.

Fig. I

Esempio di variazioni di tensione in funzione del tempo,
riferito a cinque cicli di tensione

σ_{sup} = tensione superiore

$\sigma_{sup max}$ = tensione superiore massima

$\sigma_{sup min}$ = tensione superiore minima

σ_{inf} = tensione inferiore

σ_m = tensione media aritmetica tra tutte le tensioni superiori e inferiori durante

la vita dell'elemento.

3.1.3. Fattore di spettro di tensione

Il fattore di spettro k_m è definito dall'espressione:

$$k_m = \sum \frac{n_i}{n_t} \left(\frac{\sigma_i}{\sigma_{\max}} \right)^c$$

nella quale:

n_i = n° cicli di tensione σ_i

n_t = n° totale di cicli di tensione

σ_{\max} = massimo valore tra le tensioni σ_i

c = coefficiente dipendente dalla curva di Wöhler (cfr. 6.3).

E' da tenere presente che alcuni componenti, come le molle, possono essere soggetti a carichi indipendenti dalle forze che agiscono sul meccanismo (cfr. 4). Il regime di tensione deve essere valutato separatamente: nella maggioranza dei casi si ha $k_m = 1$.

4.4.2.2. Carichi che devono essere presi in considerazione nel calcolo dei meccanismi e combinazione dei carichi

Per la determinazione dei carichi sui meccanismi si applicano i criteri di cui al punto 4.2.

Valutazione della coppia

La coppia agente sui meccanismi è da assumersi come la maggiore tra le seguenti.

Coppia esercitata dai motori

La coppia massima dovuta ai motori in fase d'avviamento è data dalle seguenti formule:

- per movimenti verticali:

$$C = C_r + \Phi_a \left(\frac{2}{3} C_a - C_r \right) \frac{l_a}{l_a + l_m}$$

- per movimenti orizzontali:

$$C = \Phi_a \cdot \left(C_r \left(\frac{2}{3} C_a - C_r \right) \frac{l_a}{l_a + l_m} \right)$$

nelle quali:

C_r è la coppia a regime

C_a è la coppia massima generata dal motore

I_a è il momento di inerzia relativo agli organi posti a valle dell'elemento considerato

I_m è il momento d'inerzia relativo agli organi posti a monte dell'elemento considerato

Φ_a è un coefficiente dipendente dal tipo di motore e vale:

1.5 per motori in corrente continua

1.7 per motori asincroni ad anelli

1.8 per motori in corto circuito.

Coppia esercitata dai freni

La coppia massima esercitata dai freni è data dalla formula:

$$C = C_r - (\Phi_f \cdot C_f + C_r) \frac{I_a}{I_a + I_m}$$

nella quale:

C_f è la coppia frenante

Φ_f è un coefficiente che dipende dal tipo di azionamento del freno e vale:

1.8 per frenatura elettrica in controcorrente

1.5 per frenatura meccanica ad azionamento elettroidraulico

2.0 per frenatura meccanica ad azionamento elettromagnetico o pneumatico

1.5 per frenatura meccanica a pedale

1.2 per frenatura meccanica con regolatore centrifugo.

Per il sollevamento la coppia frenante deve essere almeno

$$2 \cdot M_{\max} \cdot \eta^2$$

nella quale:

M_{\max} è il momento massimo richiesto (cfr. 7.6.2)

η è il rendimento complessivo del meccanismo.

Coppia dinamica

La coppia dinamica - da considerare solo per movimenti verticali è data da:

$$\Phi_2 \cdot C_1$$

nella quale Φ_2 è il coefficiente dinamico.

4.4.2.3. Calcoli di verifica

I calcoli di verifica degli elementi dei meccanismi devono essere effettuati con il metodo delle tensioni ammissibili.

4.4.2.3.1. Verifica a resistenza

La verifica degli elementi dei meccanismi in riferimento alla resistenza statica si effettua controllando che la tensione calcolata non superi la tensione ammissibile dipendente dal materiale impiegato e dal tipo di carichi considerati.

5.1.1. Tensioni ammissibili

Le tensioni ammissibili σ_{am} (τ_{am}) sono date dalle formule:

$$\sigma_{am} = \frac{f_{lims}}{\gamma} \qquad \tau_{am} = \frac{f_{lims}}{\sqrt{3} \gamma}$$

dove:

f_{lims} è dato dal minore tra i valori: f_y

$$(f_y + 0,7 f_t)/2$$

dove: f_y è il carico unitario di snervamento

f_t è il carico unitario di rottura a trazione

γ è il prodotto $\gamma_f \cdot \gamma_n$

γ_f è il coefficiente relativo alla combinazione di carichi considerata: $\gamma_f = 1,48$

γ_n è il coefficiente di rischio: $\gamma_n = 1,25$

Relazioni tra le tensioni calcolate tensioni ammissibili

La tensione ideale data dall'espressione

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + 3\tau^2}$$

deve risultare uguale o inferiore all'ammissibile

σ_x e σ_y rappresentano le tensioni normali secondo due assi cartesiani

τ rappresenta la tensione tangenziale

4.4.2.3.2. Verifica al carico critico di stabilità

I particolari sottoposti a carico critico, sono verificati quando la tensione a cui sono sottoposti non superi quella limite determinata in funzione di quella critica, al di là della quale rischia di prodursi l'instabilità. Per questa verifica si tiene conto del valore del coefficiente = 1,82.

I particolari sottoposti a carico critico per compressione o pressoflessione possono essere verificati secondo il punto 4 della CNR-UNI 10011.

4.4.2.3.3. Verifica a fatica

La resistenza a fatica di un elemento è determinata da:

- il materiale con cui è costruito;
- la forma, lo stato superficiale e di corrosione, le dimensioni e altri fattori che provocano concentrazioni di tensioni;
- il rapporto K tra le tensioni minima e massima dei vari cicli di tensione;
- il numero di cicli di tensione equivalente n_e (cfr. 3.4.1.);
- il tipo di tensione (flessione, trazione, tangenziale, ecc.).

Partendo dal limite di fatica a flessione alternata σ_{D-1} ricavato sperimentalmente su provetta cilindrica rettificata, costruita con lo stesso materiale dell'elemento e sottoposta a sollecitazioni alternate ($K = -1$), si ricavano i seguenti altri valori:

- limite di fatica a flessione alternata dell'elemento, tenendo conto della forma, dello stato superficiale e di corrosione, delle dimensioni e di altri fattori che provocano concentrazioni di tensioni

$$\sigma_f = \sigma_{D-1} / K_f \cdot K_d \cdot K_l \cdot K_c$$

- limite a fatica a flessione dell'elemento, tenendo anche conto del rapporto tra le tensioni minima e massima

$$\sigma_d = \sigma_f \cdot K_k$$

- limite di fatica a flessione dell'elemento, tenendo anche conto del numero di cicli di tensione equivalente n_e

$$\sigma_k = \sigma_d \cdot K_n$$

Se il tipo di tensione è diverso dalla flessione si ottiene il relativo valore limite di fatica dall'espressione:

$$\frac{\sigma_k}{\tau_k} = K_t \cdot \sigma_d \cdot K_n$$

I fattori riportati nelle formule precedenti hanno il seguente significato:

K_f è un coefficiente che tiene conto della forma dell'elemento e di altri fattori che provocano concentrazioni di tensione, in riferimento alla forma cilindrica della provetta;

K_d è un coefficiente che tiene conto delle dimensioni dell'elemento, in riferimento al diametro della provetta;

K_l è un coefficiente che tiene conto dello stato superficiale dell'elemento;

K_c è un coefficiente che tiene conto dell'eventuale stato di corrosione dell'elemento;

K_k è un coefficiente che tiene conto del rapporto K che si è calcolato nell'elemento;

K_n è un coefficiente che tiene conto del numero di cicli equivalente al quale l'elemento sarà sottoposto;

K_t è un coefficiente di adeguamento al tipo di tensione considerato.

Per il calcolo degli alberi, nell'appendice A, sono riportati i valori relativi ad alcuni dei fattori indicati.

Limite di fatica a flessione alternata σ_{D-1}

I valori dei limiti di fatica a flessione alternata σ_{D-1} possono essere ricavati da adeguate prove sperimentali oppure dall'appendice B per alcuni tipi di materiale, nell'ipotesi di struttura omogenea su tutta la sezione: detti valori non sono validi per elementi sottoposti a trattamenti superficiali (temprati, nitrurati, cementati, ecc.).

Coefficienti di forma K_f , di dimensione K_d , di stato superficiale K_l e di corrosione K_c

Le indicazioni per la determinazione di questi coefficienti sono riportate nell'appendice B, per alcuni casi.

Coefficiente K_k del rapporto

Il valore del coefficiente K_k è dato dall'espressione:

per $-1 \leq K < 0$

$$K_k = \frac{5}{3 - 2K}$$

per $0 \leq K \leq 1$

$$K_k = \frac{\frac{5}{3}}{1 - \left(1 - \frac{\frac{5}{3} \sigma_f}{R} \right) K}$$

nella quale R è il carico di rottura del materiale.

Coefficiente K_n del numero di cicli

Si assume la curva di Wöhler costruita sui seguenti punti:

$$n = 8.000 \text{ cicli } \sigma = R$$

$$n = 2.000.000 \text{ cicli } \sigma = \sigma_d$$

La pendenza della curva di Wöhler tra 8.000 e 2.000.000 cicli risulta (cfr. fig. II):

$$c = \operatorname{tg} \theta = \frac{\lg 2 \cdot 10^6 - \lg 8 \cdot 10^3}{\lg R - \lg \sigma_d}$$

per $n > 2.000.000$ cicli si assume una pendenza corrispondente alla bisettrice dell'angolo sull'orizzontale ed è data da:

$$c' = \operatorname{tg} \theta = c + \sqrt{c^2 + 1}$$

Il coefficiente K_n assume pertanto il valore

$$K_n = \left(\frac{2 \cdot 10^6}{n_e} \right)^{1/c} \quad \text{per } 8.000 < n \leq 2.000.000$$

$$K_n = \left(\frac{2 \cdot 10^6}{n_e} \right)^{1/c'} \quad \text{per } n > 2.000.000$$

Coefficiente di adeguamento al tipo di tensione

Il coefficiente di adeguamento al tipo di tensione è da assumersi:

$$K_t = 1 \text{ per flessione}$$

$$K_t = 0.8 \text{ per trazione o compressione}$$

$$K_t = 1/\sqrt{3} = 0.577 \text{ per tensione tangenziale}$$

Tensioni ammissibili

Le tensioni ammissibili a fatica sono date dalle espressioni:

$$\sigma_{af} = \sigma_k / \gamma_k$$

$$\sigma_{af} = \sigma_k / \gamma_k$$

nelle quali γ_k è un fattore di sicurezza da determinarsi con le formule:

$$\gamma_k = 3.2^{1/c} \text{ per } n_e \leq 2.000.000$$

$$\gamma_k = 3.2^{1/c'} \text{ per } n_e > 2.000.000$$

5.3.7. Verifiche

La verifica a fatica è soddisfatta se le tensioni massime calcolate sono inferiori alle ammissibili:

$$\sigma \leq \sigma_{af}$$

$$\tau \leq \tau_{af}$$

Per i punti degli elementi sollecitati contemporaneamente da tensioni normali e da tensioni tangenziali, deve risultare soddisfatta la condizione seguente:

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{kx}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{ky}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_x \sigma_y}{\sigma_{kx} \sigma_{ky}} \right) + \left(\frac{\tau}{\tau_k} \right)^2 \leq \frac{1.1}{\gamma^2 k}$$

nelle quali

σ_x e σ_{kx} sono le tensioni normale massima e ammissibile nella direzione x

σ_y e σ_{ky} sono le tensioni normale massima e ammissibile nella direzione y

τ e τ_k sono le tensioni tangenziale massima e ammissibile

Fig. II

Pendenza della curva di Wölher

4.4.2.3.4. Verifica ad usura

Per le parti soggette ad usura devono essere calcolate le grandezze specifiche che la determinano: pressione, superficie e velocità periferica. Questi valori devono essere tali da non determinare una usura eccessiva, alla luce dell'attuale esperienza.

4.4.2.4. Verifiche particolari

4.4.2.4.1. Verifica degli ingranaggi

- alla resistenza a rottura
- alla resistenza a fatica
- all'usura

Il metodo di calcolo viene fissato dal costruttore che ne deve indicare la fonte.

4.4.2.4.2. Verifica dei cuscinetti

Si deve verificare che i cuscinetti siano in grado di sopportare:

- il carico statico determinato dalla più sfavorevole delle condizioni di carico;
- il carico dinamico massimo determinato dalla condizione di carico regolare.

Occorre inoltre verificare che la durata teorica sotto un carico medio costante qui di seguito definito sia almeno uguale a quella corrispondente alla condizione di impiego del meccanismo.

A questo scopo occorre distinguere le forze agenti sui cuscinetti nei seguenti due tipi:

- forze di tipo M_j che dipendono direttamente dalle coppie esercitate dai motori o dai freni;
- forze di tipo R che dipendono dalle reazioni sui pezzi meccanici e non equilibrate da una coppia agente sugli alberi motori.

6.5.1. Carico medio per cuscinetti soggetti a forze di tipo M

Per tenere conto della variazione dei carichi agenti durante il ciclo di manovra si assume un carico medio, supposto agente in maniera costante, dato dalla relazione:

$$M = c \sqrt[3]{K_m} \cdot M_{\max A}$$

dove:

K_m è il fattore di spettro (vedere 3.1.2)

$M_{\max A}$ è il massimo carico agente nelle condizioni di carico regolari

c è la pendenza della curva di Wölher = 3 per cuscinetti a sfere e per cuscinetti a rulli

6.5.2. Carico medio per cuscinetti soggetti a forze di tipo R

Si determina il carico medio mediante la formula:

dove

R_{\max} e R_{\min} rappresentano il carico massimo e minimo in condizioni regolari.

6.5.3. Carico medio per cuscinetti soggetti contemporaneamente a forze di tipo M e di tipo R

Seguendo i procedimenti indicati in 6.5.1 e 6.5.2 si determina il carico medio per ciascun tipo di forza M ed R , supponendo che agiscano da sole. Si calcola il cuscinetto per un carico equivalente risultante dalla combinazione delle due forze medie M ed R .

Scelta del freno

In base alle prestazioni richieste, i freni possono essere suddivisi in tre gruppi:

- freni di bloccaggio o di tenuta, la cui funzione è quella di evitare l'involontaria messa in marcia del meccanismo;
- freni di arresto, la cui funzione è quella di arrestare in un certo tempo il meccanismo;

- freni di manovra, la cui funzione è quella di far conservare al meccanismo una determinata velocità. In questo caso il comando del sistema deve avvenire sempre con il motore inserito.

Coppia frenante necessaria

La coppia frenante necessaria è data dall'espressione:

$$M_{F_{nec}} = K \cdot M_{max} \cdot \eta^2$$

nella quale:

K è un coefficiente che tiene conto del tipo di movimento e del sistema di frenatura (cfr. 6.7.2)

M_{max} è la coppia massima agente sul meccanismo (cfr. 6.7.3)

η è il rendimento della parte del meccanismo compresa tra il punto di applicazione del freno e il punto di applicazione del carico frenato.

Fattore di frenatura K

- se il movimento è dotato di un solo freno, $K = 2$

- se il movimento è dotato di due freni, $K = 1,33$

Coppia massima sul meccanismo M_{max}

La coppia massima agente sul meccanismo può essere calcolata con le stesse formule date al punto, sostituendo il tempo di frenatura al tempo di avviamento t_a e tenendo conto, per i movimenti orizzontali e di rotazione, dell'eventuale cambio di segno dei termini concernenti il vento e l'inerzia del movimento.

Il tempo di frenatura deve essere uguale o minore del tempo di avviamento ed in ogni caso deve assicurare:

- una decelerazione uguale o maggiore dell'accelerazione;
- uno spazio di frenatura in m che non superi una lunghezza del 10% della velocità a pieno carico (espressa in m/min);
- un angolo di frenatura in rad che non superi il 15% della velocità a pieno carico (espressa in rad/s).

Caratteristiche del freno

Il freno scelto deve avere coppia frenante massima (in Nm) superiore alla coppia frenante necessaria $M_{F_{nec}}$ calcolata come indicato in 6.7.1.

Per i freni di arresto e di manovra il freno scelto deve avere anche una caratteristica termica (W_{adm} in Nms) superiore al valore necessario W_n per consentire lo smaltimento del calore sviluppato, che è funzione della coppia frenante, del tempo di frenatura, delle manovre orarie, dell'intermittenza,

della temperatura ambiente e della differenza di temperatura ammissibile tra fascia, freno e ambiente.

Coefficienti K_f

I coefficienti K_{f_σ} e K_{f_τ} (rispettivamente per le tensioni normale e tangenziale) tengono conto della concentrazione delle tensioni causate dal cambiamento di sezione per raccordi, per chiavette, per fori trasversali, per mozzi calettati a caldo, ecc.

I diagrammi da 4.I a 4.V danno i coefficienti K_{f_σ} e K_{f_τ} per le seguenti concentrazioni di tensione:

raccordi; 4-I

chiavette; 4-II

scanalature; 4-III

foro trasversale; 4-IV

mozzi calettati a caldo.

Per le concentrazioni di tensione non concentrate nelle figure precedenti, i coefficienti K_f (sia per σ che per τ) devono essere calcolati mediante l'espressione:

$$K_f = q(K_t - 1) + 1$$

nella quale:

K_t è il coefficiente teorico elastico di concentrazione delle tensioni che può essere ricavato da:

- autorevole letteratura scientifica;
- adeguate prove sperimentali;
- affidabile calcolo matematico;

q è la sensibilità all'intaglio, data dall'espressione: $q = 1/(1+a/r)$; in caso di difficoltà di individuazione del valore di r , porre $q = 1$;

r è il raggio in mm;

a è un coefficiente dipendente dal carico di rottura del materiale, dato dal Prospetto 4-I.

Prospetto 4-I

f_t (MPa)	a
300	0.420
400	0.330
500	0.265
600	0.212
700	0.175
800	0.145
900	0.117
1.000	0.094
1.100	0.077
1.200	0.065
1.300	0.057
1.400	0.050
1.500	0.043
1.600	0.038
1.700	0.034

Coefficiente K_d

Il coefficiente K_d tiene conto del fatto, constatato sperimentalmente, che la resistenza, a fatica, a parità di tutte le altre condizioni, diminuisce con l'aumentare delle dimensioni dell'elemento.

La figura 6.6 dà il coefficiente K_d in funzione del diametro dell'albero.

Per superfici laminate, forgiate o fuse assumere $K_d = 1$.

Coefficiente K_μ

Il coefficiente K_μ tiene conto dello stato superficiale e della lavorazione che l'albero ha subito.

Il diagramma 4-VII dà il valore del coefficiente K_μ in funzione del carico di rottura del materiale per i tipi di finitura segnati a fianco.

Appendice A

Verifica a fatica

Limiti a fatica

I limiti di resistenza a fatica σ_{D-1} sono riportati nel prospetto 4-II per i materiali più utilizzati.

Prospetto 4-II

Limiti di fatica per $x = -1$ per i materiali più utilizzati

Qualità acciaio	Norma UNI	Dimensione mm	Carico unitario di rottura R	Carico unitario di scostamento dalla prop. R _{p,2}	Limite di fatica σ ₋₁
			N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²
Fe 360	7070	---	360	205	180
Fe 490	7070	---	490	275	245
Fe 590	7070	---	590	315	295
Fe 690	7070	---	690	345	345
C 25 normalizzato	7845	da 16 a 100	410	235	205
C 25 bonificato	7845	fino a 16	540	360	270
		oltre 16 fino a 40	490	305	245
C 25 bonificato	7874	fino a 16	560	345	280
		oltre 16 fino a 40	540	325	270
		oltre 40 fino a 100	530	305	265
		oltre 100 fino a 250	510	295	255
C 35 normalizzato	7845	da 16 a 100	490	275	245
C 35 bonificato	7845	fino a 16	670	470	335
		oltre 16 fino a 40	610	390	305
		oltre 40 fino a 100	570	355	285
C 35 bonificato	7874	fino a 16	560	295	280
		oltre 16 fino a 40	550	285	275
		oltre 40 fino a 100	540	275	270
		oltre 100 fino a 250	520	265	260
C 40 normalizzato	7845	da 16 a 100	570	325	285
C 40 bonificato	7845	fino a 16	700	490	350
		oltre 16 fino a 40	640	420	320
		oltre 40 fino a 100	590	370	295
C 40 bonificato	7874	fino a 16	685	460	332
		oltre 16 fino a 40	655	440	327
		oltre 40 fino a 100	645	410	322
		oltre 100 fino a 250	630	390	315
C 45 normalizzato	7845	da 16 a 100	590	335	295
C 45 bonificato	7845	fino a 16	730	510	365
		oltre 16 fino a 40	690	460	345
		oltre 40 fino a 100	640	410	320
C 45 bonificato	7874	fino a 16	705	490	352
		oltre 16 fino a 40	695	470	347
		oltre 40 fino a 100	685	450	342
		oltre 100 fino a 250	675	430	337
C 60 bonificato	7845	fino a 16	830	590	415
		oltre 16 fino a 40	780	530	390
		oltre 40 fino a 100	740	450	370
C 60 bonificato	7874	fino a 16	785	550	392
		oltre 16 fino a 40	775	540	387
		oltre 40 fino a 100	765	510	382
		oltre 100 fino a 250	755	440	377

35 CrMo4 bonificato	7845	fino a 16	930	735	465
		oltre 16 fino a 40	880	665	440
		oltre 40 fino a 100	780	560	390
		oltre 100 fino a 160	740	510	370
		oltre 160 fino a 250	690	460	345
35 CrMo4 bonificato	7874	fino a 16	980	785	490
		oltre 16 fino a 40	880	665	440
		oltre 40 fino a 100	785	560	390
		oltre 100 fino a 250	685	540	342
42 CrMo4 bonificato	7845	fino a 16	1030	835	510
		oltre 16 fino a 40	930	735	460
		oltre 40 fino a 100	830	635	410
		oltre 100 fino a 160	780	560	385
		oltre 160 fino a 250	740	510	365
42 CrMo4 bonificato	7874	fino a 16	1080	880	535
		oltre 16 fino a 40	980	765	485
		oltre 40 fino a 100	880	635	435
		oltre 100 fino a 250	735	610	365
39 NiCrMo3 bonificato	7845	fino a 16	980	785	490
		oltre 16 fino a 40	930	735	465
		oltre 40 fino a 100	880	685	440
		oltre 100 fino a 160	830	635	415
		oltre 160 fino a 250	740	540	370
39 NiCrMo3 bonificato	7874	fino a 16	1030	835	515
		oltre 16 fino a 40	980	785	490
		oltre 40 fino a 100	880	685	440
		oltre 100 fino a 250	685	540	342
30 NiCrMo12 bonificato	7845	fino a 40	980	785	485
		oltre 40 fino a 100	930	735	460
		oltre 100 fino a 250	880	685	435
30 NiCrMo12 bonificato	7874	fino a 40	1225	1030	605
		oltre 40 fino a 100	1130	930	560
		oltre 100 fino a 250	980	785	485

Coefficiente K_c

Normalmente l'influenza della corrosione non è da prendere in considerazione e pertanto si assume $K_c = 1$.

Nel caso eccezionale in cui l'albero può rimanere in esercizio dopo avere subito un'azione corrosiva di acqua dolce o marina, si assumono per K_c i valori dati nel Diagramma 4-VIII in funzione del carico di rottura del materiale per i seguenti casi:

Nel caso in cui l'albero lavori in ambiente corrosivo, ricavare i valori dalla letteratura.

4.4.3. Elementi essenziali per i quali deve essere prodotto il calcolo di verifica

Devono essere prodotti i calcoli di verifica relativi ai seguenti elementi essenziali:

- pignoni e cremagliere;
- rulli;

- perni;
- alberi;
- cilindri e pistoni;
- ruote-catene.

Per i riduttori del moto, i giunti e per gli elementi idraulici, il calcolo può essere sostituito da una autocertificazione del fabbricante dell'elemento contenente l'indicazione delle prestazioni massime nell'impiego normale.

5. Istruzioni per le prove di carico del ponteggio

I sistemi in funzione devono essere sottoposti alle seguenti prove.

5.1. Prove di funzionamento con carico normale, per l'accertamento del funzionamento dei dispositivi di sicurezza, movimentando alla velocità di esercizio i piani di lavoro uniformemente carichi i carichi di esercizio e provocando le condizioni per l'intervento dei dispositivi di sicurezza.

5.2. Prove di funzionamento con carico eccezionale, movimentando alla velocità di esercizio i piani di lavoro carichi con carichi ripartiti maggiorati del 20% rispetto ai carichi di servizio e realizzando anche distribuzioni di tali carichi atte a conseguire condizioni di massimo impegno della struttura.

I certificati di tali prove rilasciati da laboratorio ufficiale debbono indicare, separatamente per le due prove:

- i tipi di sistemi funzionali assoggettati a prova;
- le modalità di vincolo;
- i carichi di prove;
- le movimentazioni effettuate;
- le risultanze degli accertamenti effettuati durante ed al termine della prova.

Tali certificati saranno allegati alla relazione tecnica.

Nel capitolo 5° della relazione tecnica dovranno essere riportate le sole modalità delle prove di funzionamento cui l'utente dovrà sottoporre il ponteggio - appena installato e prima della messa in servizio - desumendole dalle modalità di cui al punto 5.1 ed ipotizzando che tale prova sia effettuata con a bordo il minimo numero di operatori compatibile con la possibilità di movimentazione del piano di lavoro.

Il capitolo dovrà inoltre elencare gli accertamenti che il responsabile del cantiere dovrà effettuare prima di consentire l'agibilità della attrezzatura.

6. Istruzioni per il montaggio, l'impiego e lo smontaggio

Tali istruzioni devono comunque contenere:

- a) il richiamo dell'osservanza delle norme generali e particolari per la prevenzione degli infortuni e l'igiene del lavoro;
- b) i controlli da effettuare sugli elementi prima di effettuare il montaggio;
- c) le modalità di posizionamento degli elementi di appoggio;
- d) le modalità di montaggio dei piani di lavoro, dei relativi impalcati, degli elementi di protezione (sistemi di accesso al piano, parapetti, schermi, ecc.) e quelle di montaggio e di registrazione dei dispositivi di sicurezza previsti dallo schema;
- e) le modalità di realizzazione degli ancoraggi;
- f) le modalità di montaggio delle colonne;
- g) le precauzioni da adottare contro i rischi di elettrocuzione;
- h) le modalità di conduzione delle prove di funzionamento;
- i) le istruzioni di impiego, con riferimento anche ai sistemi per realizzare, in condizioni di sicurezza, mensole di accostamento all'opera servita e dei sistemi per impedire i rischi di interferenza tra piani di lavoro ed opere fisse o con conduttori sotto tensione;
- l) le modalità per la conduzione delle operazioni di manutenzione dell'attrezzatura in esercizio;
- m) l'ordine e le modalità per lo smontaggio degli elementi;
- n) i controlli da effettuare sugli elementi smontati, per garantire il loro successivo impiego in condizioni di sicurezza.

7. Schemi tipo

Gli schemi tipo - limitati all'altezza di 20 m da terra al livello dell'impalcato piano di lavoro - devono contenere:

- 1) disegni, in scala ridotta, degli elementi componenti, con l'indicazione delle dimensioni fondamentali, dei marchi - e della relativa zona di applicazione - e del peso medio dell'elemento;
- 2) schemi funzionali forniti di:
 - indicazione dei massimi carichi di servizio ammessi;
 - dimensioni minime delle tavole in legname (se previsto);
 - protezioni contro le cadute di persone e sistemi di accesso al piano di lavoro;
 - indicazione delle azioni massime trasmesse da ogni appoggio del basamento al terreno;
 - indicazione delle azioni massime trasmesse dagli ancoraggi alle strutture servite;
- 3) indicazioni dei limiti di impiego per effetto delle precipitazioni nevose;

4) indicazione dei limiti d'oggetto di eventuali mensole di accostamento;

5) schemi di montaggio dei quadri di comando;

6) schemi dei circuiti elettrici o idraulici.