



POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

Classe di laurea n. LM - 24

Tesi di Laurea Magistrale

PROGETTO E VERIFICA DEI PONTEGGI METALLICI

Relatore:

Prof. Silvio Valente

Candidato:

Irene Castagneri

A.A. 2016/2017

Ai miei nonni,
radici del mio essere.

INDICE

INTRODUZIONE	6
CAPITOLO I – DEFINIZIONI E PRECETTI NORMATIVI	8
PONTEGGI METALLICI FISSI	8
ELEMENTI COSTITUTIVI	11
COLLEGAMENTI TRA LE ASTE	15
AUTORIZZAZIONE MINISTERIALE E LIBRETTO DEL PONTEGGIO	17
SCHEMA TIPO E PROGETTO SPECIFICO	20
SCHEMI PARTICOLARI DI OPERE PROVVISORIALI	21
PONTEGGI MISTI	21
PIANI DI CARICO, PIAZZOLE E CASTELLI DI TIRO, SISTEMI DI SOLLEVAMENTO	24
SCALE PER L'ACCESSO AI PIANI DI PONTEGGIO	27
CAPITOLO II – REQUISITI MINIMI DI PROGETTAZIONE DEL PONTEGGIO	29
MODELLO DI CALCOLO	29
METODO ALLE TENSIONI AMMISSIBILI	30
AZIONI SOLLECITANTI	31
CARICHI ESTERNI	31
CONDIZIONI DI CARICO	35
MEMBRATURE DELLA STRUTTURA DEL PONTEGGIO	36
I MONTANTI DEL PONTEGGIO	36
TRAVERSI DEL PONTEGGIO	42
BASETTE REGOLABILI	44
GLI ANCORAGGI	46
ANCORAGGIO AD ANELLO	48
ANCORAGGIO CON VITONE A CONTRASTO	48
ANCORAGGIO A TASSELLO	49
ANCORAGGIO A CRAVATTA	49
PIANI DI CALPESTIO DEL PONTEGGIO IN LEGNO E METALLO	49
ELEMENTI ESSENZIALI PER L'ADATTAMENTO ALL'OPERA SERVITA	52
ASTE SINGOLE O SFUSE	52
ASTA COMPOSTA O CALASTRELLATA	52
PASSO CARRAIO	54
PARTENZA RIENTRATA O DI ADATTAMENTO, IN TUBI E GIUNTI	58
SBALZO SOMMITALE IN TUBI E GIUNTI	61

NOTE SUI METODI DI CALCOLO	63
LE CARATTERISTICHE DI RESISTENZA	63
IL COEFFICIENTE DI ADATTAMENTO PLASTICO	64
LA RELAZIONE DI EULERO	64
IL CARICO DI COLLASSO	66
ASTE CARICATE DI PUNTA: METODO OMEGA	67
IL COEFFICIENTE DI VINCOLO	69
L'ECCENTRICITÀ DOVUTA AI GIUNTI (MOMENTI PARASSITI)	70
DIAGONALI E CONTROVENTI	71
SERRAGGIO DEI GIUNTI	72
NOTE SUL PROGETTO DEL PONTEGGIO	73
CAPITOLO III – REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA DEL PONTEGGIO	75
RISCHI CONNESSI ALLA FASE DI MONTAGGIO, USO E SMONTAGGIO	75
IL PI.M.U.S.	77
CONTENUTI MINIMI DEL PI.M.U.S.	78
RISCHIO CONNESSO ALLA CADUTA DEL MATERIALE DALL'ALTO	79
MANTOVANE PARASASSI E CANALIZZAZIONE DELLE MACERIE	79
SALITA E DISCESA DEI MATERIALI DAL PONTEGGIO	82
RISCHIO CADUTA DALL'ALTO E DISPOSITIVI ANTICADUTA	84
FENOMENO INFORTUNISTICO PER CADUTA DALL'ALTO	84
CADUTA LIBERA, CADUTA FRENATA E FORZA DI IMPATTO	86
CAPITOLO IV – CASO REALE DI PROGETTAZIONE	92
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO	92
CARATTERI TERMICI, PLUVIOMETRICI E GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO	92
INQUADRAMENTO TERRITORIALE	94
DESCRIZIONE DELL'OPERA SERVITA	96
PROGETTAZIONE E VERIFICA DEL PONTEGGIO METALLICO	98
DATI DI INPUT	99
MODELLAZIONE DEL PONTEGGIO	109
OUTPUT DEL SOFTWARE	126
CONCLUSIONI	128
BIBLIOGRAFIA	132
SITOGRAFIA	133

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1- PONTEGGIO A TUBI E GIUNTI - PONTEGGIO A TELAI PREFABBRICATI - PONTEGGIO MULTIDIREZIONALE.....	9
FIGURA 2 - SCHEMA PONTEGGIO METALLICO – NORMA UNI EN 12811-1.....	11
FIGURA 3 - TELAIO A PORTALE - TELAIO A PORTALE IRRIGIDITO - TELAIO AD H - TELAIO A PORTALE RINFORZATO.....	12
FIGURA 4 - PARAPETTO A TELAIETTO - PONTEGGI METALLICI FISSI DI MICHELE SANGINISI	13
FIGURA 5 - SCHEMA RAPPRESENTATIVO DI STILATA, CAMPO E MODULO.....	14
FIGURA 6 – SPINOTTO – FERROMET, HTTP://WWW.FERRO-MET.COM/PRODOTTI	15
FIGURA 7 - GIUNTI DI COLLEGAMENTO DI USO FREQUENTE	15
FIGURA 8- DADO, BULLONE E RONDELLA DEI GIUNTI.....	16
FIGURA 9 - ATTACCO A PERNI E ATTACCO A BOCCOLE – PONTEGGI METALLICI FISSI DI MICHELE SANGINISI	16
FIGURA 10 - ATTACCO RAPIDO A 4 VIE – PONTEGGI METALLICI FISSI DI MICHELE SANGINISI	17
FIGURA 11 - SCHEMA TIPO PONTEGGIO A TELAI PREFABBRICATI, TRATTO DA UNA AUTORIZZAZIONE MINISTERIALE	17
FIGURA 12 - ESEMPI DI COMPOSIZIONI DI PONTEGGIO PREFABBRICATO – PONTEGGI METALLICI FISSI DI MICHELE SANGINISI	23
FIGURA 13 - ORGANIZZAZIONE SBARCO MATERIALI CON PIAZZOLE DI CARICO - PONTEGGI METALLICI FISSI DI MICHELE SANGINISI.....	26
FIGURA 14 - CASTELLO DI TIRO ANCORATO AL PONTEGGIO	27
FIGURA 15 - CASTELLO DI TIRO ANCORATO AL FABBRICATO.....	27
FIGURA 16 - PIANI DI AZIONE DELLE SOLLECITAZIONI SUI MONTANTI	36
FIGURA 17 - RAPPRESENTAZIONE PONTEGGIO METALLICO CON DOPPI MONTANTI	42
FIGURA 18 - BASETTA REGOLABILE SU PIANO D'APPOGGIO ORIZZONTALE E INCLINATO	44
FIGURA 19 - RAPPRESENTAZIONE TIPOLOGIE DI ANCORAGGI	46
FIGURA 20 - ANCORAGGIO VITONE A CONTRASTO	48
FIGURA 21 – SEZIONE DI COLLEGAMENTO TRA RIPIANO METALLICO E TRAVERSO	51
FIGURA 22 - SCHEMA DELL'ASTA COMPOSTA O CALASTRELLATA.....	53
FIGURA 23 - PASSO CARRAIO CON ADOZIONE DI ASTE CALASTRELLATE.....	54
FIGURA 24 - SCHEMA PASSO CARRAIO ANCORATO AL PONTEGGIO E CON MONTANTI AUTONOMI.....	55
FIGURA 25 - SCHEMA DISPOSIZIONE DELLE AZIONI	55
FIGURA 26 - SCHEMA PARTENZA RIENTRATA.....	58
FIGURA 27 - SCHEMA SBALZO SOMMITALE IN TUBI E GIUNTI	62
FIGURA 28 - SCHEMA DI COLLEGAMENTO TRA DUE TUBI CON GIUNTO ORTOGONALE	70
FIGURA 29 - SCHEMA MANTOVANA PARASASSI	80
FIGURA 30 - SCHEMA PONTEGGIO CON UN ALLINEAMENTO DI PARASASSI OGNI 12 M	81
FIGURA 31 - SCHEMA PONTEGGIO CON CANALE DI SCARICO.....	82
FIGURA 32 - INFORTUNI MORTALI PER MODALITÀ DI ACCADIMENTO	84
FIGURA 33 – FLOW-CHART RISCHI PROFESSIONALI - INAIL, QUADERNI TECNICI PER I CANTIERI TEMPORANEI O MOBILI	85
FIGURA 34 – CORPO IN POSIZIONE DI RIPOSO IN QUOTA	87
FIGURA 35 – CORPO IN CADUTA LIBERA.....	87
FIGURA 36 - CORPO IN CADUTA FRENATA	88
FIGURA 37 – CORPO IN QUIETE DOPO LA CADUTA.....	89

FIGURA 38 - ANDAMENTO ANNUALE DI PIOGGE E TEMPERATURE DELLA CITTÀ DI CUNEO	92
FIGURA 39 -- ESTRATTO LEGENDA ELABORATO P8.7 - TAVOLA DI ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO	93
FIGURA 40 - ESTRATTO ELABORATO P8.7 - TAVOLA DI ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO CON SOVRAPPOSIZIONE.....	93
FIGURA 41 - ESTRATTO SATELLITARE CITTÀ DI CUNEO – QUARTIERE CUNEO NUOVA - GOOGLE MAPS, 2017.....	94
FIGURA 42 - ESTRATTO LEGENDA TAVOLA DI ASSETTO URBANISTICO - PRG COMUNE DI CUNEO	95
FIGURA 43 – ESTRATTO TAVOLA N. 14 DI ASSETTO URBANISTICO – PRG COMUNE DI CUNEO	95
FIGURA 44 –ESTRATTO SATELLITARE CITTÀ DI CUNEO – AMBITO VCC3 – GOOGLE MAPS, 2017	96
FIGURA 45 – ESTRATTO SATELLITARE CITTÀ DI CUNEO – VIA DANTE LIVIO BIANCO, CUNEO – GOOGLE MAPS, 2017	97
FIGURA 46 - DEFINIZIONE TUBI E IMPALCATI DEL PONTEGGIO.....	99
FIGURA 47 - DEFINIZIONE PONTEGGIO, CARICHI DI COLLASSO E COEFFICIENTI DI SICUREZZA.....	101
FIGURA 48 – CARICHI DI COLLASSO MONTANTE INTERNO ED ESTERNO	101
FIGURA 49 – CRITERI DI PROGETTO	102
FIGURA 50 - DISPOSIZIONE DI PARAPETTO.....	103
FIGURA 51 - RESISTENZA A SCORRIMENTO DI GIUNTI IN COMMERCIO	104
FIGURA 52 - PARAMETRI IMPALCATO IN LEGNO.....	105
FIGURA 53 - SCHEMA Basette fisse	105
FIGURA 54 – TENSIONE AMMISSIBILE DEL TERRENO – UNINA2,.....	106
FIGURA 55 – ESTRATTO SCHEDA TECNICA TELI A RETE TENAX COVERET H	107
FIGURA 56 – PARAMETRI ASTE SINGOLE O SFUSE.....	108
FIGURA 57 – ESTRATTO DATI GEOMETRICI E DI SOLLECITAZIONE CORRENTI PASSAMANO.....	108
FIGURA 58 - ESTRATTO DATI GEOMETRICI E DI SOLLECITAZIONE DIAGONALI DI FACCIATA.....	109
FIGURA 59 – DATI GEOMETRICI E DISPOSIZIONE ELEMENTI PONTEGGIO SUD-EST	110
FIGURA 60 – CARICO NEVE, VENTO E DI SERVIZIO PONTEGGIO SUD-EST	112
FIGURA 61 - DATI ANCORAGGIO AD ANELLO, CRAVATTA, TASSELLO E VITONE A CONTRASTO PONTEGGIO NORD-OVEST	113
FIGURA 62 –SCHEMA ANCORAGGIO AD ANELLO	114
FIGURA 63 - ESTRATTO SCHEDA TECNICA TASSELLI DI ANCORAGGIO FISCHER	115
FIGURA 64 - CONTROVENTATURE E PASSO CARRAIO PONTEGGIO SUD-EST.....	115
FIGURA 65 - SCHEMA SUPERFICIE DI PERTINENZA DELLA TAVOLA DI RIPARTIZIONE DEL CARICO	117
FIGURA 66 - CORREZIONE CRITERI DI PROGETTO PONTEGGIO SUD-EST.....	117
FIGURA 67 – CORREZIONE PASSO CARRAIO PONTEGGIO SUD-EST	118
FIGURA 68 - DATI GEOMETRICI E DISPOSIZIONE ELEMENTI PONTEGGIO NORD-OVEST	119
FIGURA 69 - CARICO NEVE, VENTO E DI SERVIZIO PONTEGGIO NORD-OVEST	120
FIGURA 70 - DATI ANCORAGGIO AD ANELLO, CRAVATTA, TASSELLO E VITONE A CONTRASTO PONTEGGIO NORD-OVEST	121
FIGURA 71 - CONTROVENTATURE E PASSO CARRAIO PONTEGGIO NORD-OVEST	122
FIGURA 72 – AZIONI ESPLICITE SUI MONTANTI PONTEGGIO NORD-OVEST	122
FIGURA 73 - PIAZZOLA DI CARICO	123
FIGURA 74 – PESI PROPRI ELEMENTI	123
FIGURA 75 – CORREZIONE DATI GEOMETRICI E DISPOSIZIONE ELEMENTI PONTEGGIO NORD-OVEST	125

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1 - CLASSI DI CARICO – CIRCOLARI MINISTERIALI 85/78, 44/90 E 132/91.....	10
TABELLA 2 -- CLASSI DI CARICO – NORMA UNI EN 12811-1.....	10
TABELLA 3 - CARICHI ACCIDENTALI DI SERVIZIO - PROSPETTI 3A.....	32
TABELLA 4 – COEFFICIENTI CARICO VENTO - PONTEGGI: PROGETTO, VERIFICA, DISEGNI DI MICHELE SANGINISI	33
TABELLA 5 – CARICO NEVE AL SUOLO - PONTEGGI: PROGETTO, VERIFICA, DISEGNI DI MICHELE SANGINISI	34
TABELLA 6 - PERCENTUALE USURA TUBI - PONTEGGI: PROGETTO, VERIFICA, DISEGNI DI MICHELE SANGINISI.....	63
TABELLA 7 - COEFF. OMEGA PER ACCIAIO Fe360 (S235) - TABELLA 7-IIa - NORMA CNR-UNI 10011/88.....	68
TABELLA 8 - COEFF. OMEGA PER ACCIAIO Fe430 (S275) - TABELLA 7-IIIa - NORMA CNR-UNI 10011/88.....	68
TABELLA 9 - COEFF. OMEGA PER ACCIAIO Fe510 (S355) - TABELLA 7-IVa - NORMA CNR-UNI 10011/88.....	69
TABELLA 10 - FORZA DI SCORRIMENTO GIUNTI ORTOGONALI E GIUNTI ORTOGONALI ACCOPPIATI CON GIUNTI DI TENUTA.....	72
TABELLA 11 - CARATTERISTICHE GEOMETRICO-MECCANICHE DEI TUBI DEL PONTEGGIO.....	100
TABELLA 12 - CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DELL'ACCIAIO.....	103
TABELLA 13 - CARICO GRAVANTE SUL MONTANTE – PIAZZOLA DI CARICO IN SERVIZIO	124
TABELLA 14 – CARICO GRAVANTE SUL MONTANTE – PIAZZOLA DI CARICO FUORI SERVIZIO	124

ALLEGATI

- ALLEGATO A: Disegno esecutivo;
- ALLEGATO B: Relazione di calcolo;
- ALLEGATO C: Pi.M.U.S.

INTRODUZIONE

Nei cantieri da sempre ci si trova ad affrontare e risolvere problemi legati alla realizzazione di un'opera provvisoria, quale mezzo indispensabile per portare a termine l'opera. Le necessità pratiche spesso richiedono una capacità tecnica di risoluzione delle problematiche presenti in sito, al fine di far collimare il lavoro come richiesto dagli obblighi e vincoli imposti dalla normativa vigente, non sempre semplici da applicare. La presente tesi, frutto di un'analisi normativa e tecnica, costituisce un valido approfondimento tematico di settore che permette di chiarire eventuali dubbi collegati alla sfera della progettazione e verifica dei ponteggi metallici fissi.

Si vuole prendere in considerazione uno dei tanti aspetti che riguardano l'allestimento strutturale e il mantenimento della sicurezza del lavoro e dell'antifortunistica nel settore delle costruzioni. L'obiettivo principale che ci si propone, è quello di analizzare quali siano i requisiti minimi sia di carattere di progettazione strutturale, sia in termini di sicurezza che devono possedere i ponteggi metallici fissi utilizzati nei cantieri edili, valutati sotto il profilo del montaggio, utilizzando gli schemi presenti nelle autorizzazioni ministeriali e procedendo alla verifica strutturale per particolari casi collegabili a montaggi difformi.

Sotto il profilo della sicurezza del lavoro, viene preso in considerazione il montaggio del ponteggio metallico fisso, che deve sin dall'inizio rispettare l'utilizzo e la posa degli elementi metallici e lignei contemplati in appositi schemi strutturali preventivamente valutati dal Ministero del Lavoro, tenendo conto del pericolo che si viene a evidenziare nel caso del "lavoro in quota". L'analisi normativa e tecnica del settore della sicurezza dei ponteggi metallici fissi, finalizzata agli ambienti del cantiere edile, vuole essere il punto di partenza di un fondamentale aspetto di pertinenza propria dell'Ingegnere Edile, cioè la prevenzione degli infortuni che avvengono per mancanza o inadeguatezza delle opere provvisorie di largo uso in questi ambienti di lavoro.

A tale proposito si vuole raggiungere l'obiettivo di tesi con una duplice trattazione: strutturale, che persegue il fine di dimensionare per mezzo della progettazione i ponteggi metallici fissi; di sicurezza, che permette alle imprese adibite al montaggio di posare in opera tutti gli elementi che compongono il ponteggio metallico nel rispetto degli schemi propri, seguendo delle procedure di lavoro che garantiscono la sicurezza durante tutte le fasi dell'assemblaggio dell'opera provvisoria.

A tale fine si vuole partire con il lavoro di tesi, eseguendo una trattazione puntuale, sia in termini normativi e sia in termini tecnici, sulle caratteristiche che deve possedere un ponteggio metallico per quanto attiene il dimensionamento strutturale rappresentato da questa importante opera provvisoria, nonché di sicurezza nella fase di montaggio e smontaggio presso il cantiere

edile. Successivamente segue un'analisi del fenomeno infortunistico, collegabile direttamente alla mancanza o all'uso improprio delle opere provvisorie contro la caduta dall'alto. Viene inoltre dedicato l'ultimo capitolo di tesi alla trattazione di un caso reale di progettazione di un ponteggio metallico che necessita, per le sue caratteristiche, di specifico progetto e rappresenta un esempio di applicazione pratica delle prescrizioni normative di settore. A tale scopo si ricorre all'uso di un software che consente, attraverso una procedura guidata, la progettazione dell'intero ponteggio, calcolo automatizzato di resistenza e stabilità, verifica dettagliata di tutti gli elementi dell'opera e redazione di una relazione di calcolo. L'operatore in modo diretto, potendo interfacciarsi con un software di calcolo e verifica strutturale, è in grado di identificare e risolvere eventuali criticità presenti nel progetto e a maggior supporto il software, attraverso una diagnostica integrata, permette di evidenziare tutte le eventuali anomalie e gli errori di verifica. Viene inoltre proposto un modello del Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio – Pi.M.U.S., compilato con le informazioni circoscritte all'argomento di tesi.

La scelta di sviluppare tale argomento è stata un utile approfondimento tematico in termini di ricerca, in particolar modo per il settore edile, poiché risulta essere scarsa la letteratura pubblicata sull'argomento specifico sino a oggi.

CAPITOLO I – DEFINIZIONI E PRECETTI NORMATIVI

PONTEGGI METALLICI FISSI

Per potere definire in modo appropriato le opere provvisionali e nello specifico i ponteggi, è necessario innanzitutto spiegare cosa si intende per lavoro in quota. La corretta definizione viene fornita dall'art. 107 del D.Lgs. 81/2008: “... *si intende per lavoro in quota: attività lavorativa che espone il lavoratore al rischio di caduta da una quota posta ad altezza superiore a 2 m rispetto ad un piano stabile*”. A tale proposito si può fare riferimento all'art. 122 del D.Lgs. 81/2008, il quale prevede che per lavori in quota debbano essere adottate adeguate impalcature o ponteggi o idonee opere provvisionali in grado di ridurre al minimo i pericoli di caduta di persone o cose. Fra le opere provvisionali, quella più utilizzata è il ponteggio fisso, che può essere realizzato in legno¹ o in metallo². Il ponteggio in legno è ormai desueto per motivi pratici, economici oltre che di sicurezza, oggi vengono usati quasi esclusivamente i ponteggi metallici, la cui costruzione e il successivo impiego sono subordinati all'osservanza delle norme contenute nel D.Lgs. 81/2008, alle circolari esplicative e soprattutto alla preventiva autorizzazione ministeriale rilasciata dal Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali. Quest'ultimo oltre a garantire le condizioni di sicurezza e stabilità della struttura, indica tutte le istruzioni relative al montaggio, impiego e smontaggio, nonché le istruzioni a cui attenersi per le strutture con altezza superiore a 20 m, o di notevole importanza e complessità.

I ponteggi metallici sono opere provvisionali a struttura reticolare caratterizzati da una elevata snellezza delle aste, che vengono comunemente impiegati nell'edilizia per opere di costruzione o per interventi di manutenzione di costruzioni esistenti.

Essi possono essere classificati in base agli elementi costruttivi in tre tipologie:

- Ponteggi a tubi e giunti;
- Ponteggi a telai prefabbricati;
- Ponteggi a montanti e traversi prefabbricati / ponteggi multidirezionali.

I *ponteggi a tubi e giunti* hanno una maggiore flessibilità di impiego poiché sono costituiti da elementi tubolari collegati per mezzo di appositi giunti. Con i giunti presenti oggi in commercio è possibile ottenere composizioni e strutturazioni dei ponteggi di svariate forme, ovvero si è svincolati dalla forma dell'edificio; tale tipologia però presenta svantaggi dovuti all'eccentricità

¹ Regolamentato dagli art. da 122 a 130 del D.Lgs. 81/2008 – Sezione IV.

² Regolamentato dagli art. da 131 a 138 del D.Lgs. 81/2008 – Sezione V - Allegati XVIII, XXI e XXII.

con cui sono assemblate le aste e maggior onere nella costruzione in quanto i tempi di montaggio sono superiori rispetto ai ponteggi a telai prefabbricati. A differenza delle altre due tipologie possono essere usati per realizzazioni particolari in quanto, come già detto, il sistema di assemblaggio è libero da schemi e dimensioni predefinite.

I *ponteggi a telai prefabbricati* sono costituiti da un elemento prefabbricato (telaio) avente due montanti collegati stabilmente attraverso un traverso. La sovrapposizione dei vari telai avviene per mezzo di appositi sistemi ad innesto e di bloccaggio, inoltre per i collegamenti trasversali sono previsti agganci con sistemi di ancoraggio che solitamente non richiedono l'utilizzo di chiavi. Questa tipologia di ponteggio ha il vantaggio di una maggiore facilità di montaggio e di una notevole riduzione dell'eccentricità, ma è sicuramente limitato nella geometria in quanto le dimensioni e la disposizione degli elementi sono predeterminate mediante apposite connessioni fissate ai componenti principali.

I *ponteggi a montanti e traversi prefabbricati*, o più comunemente chiamati ponteggi multidirezionali, sono realizzati con elementi prefabbricati costituiti da tubi da disporre verticalmente provvisti di specifici sistemi di innesto (piattelli, boccole o staffe) nei quali vengono innestati i traversi ed i correnti prefabbricati. Questa tipologia di ponteggi presenta i vantaggi di entrambe le tipologie precedentemente enunciate, ma allo stesso tempo unisce la limitazione tipica dei sistemi prefabbricati.

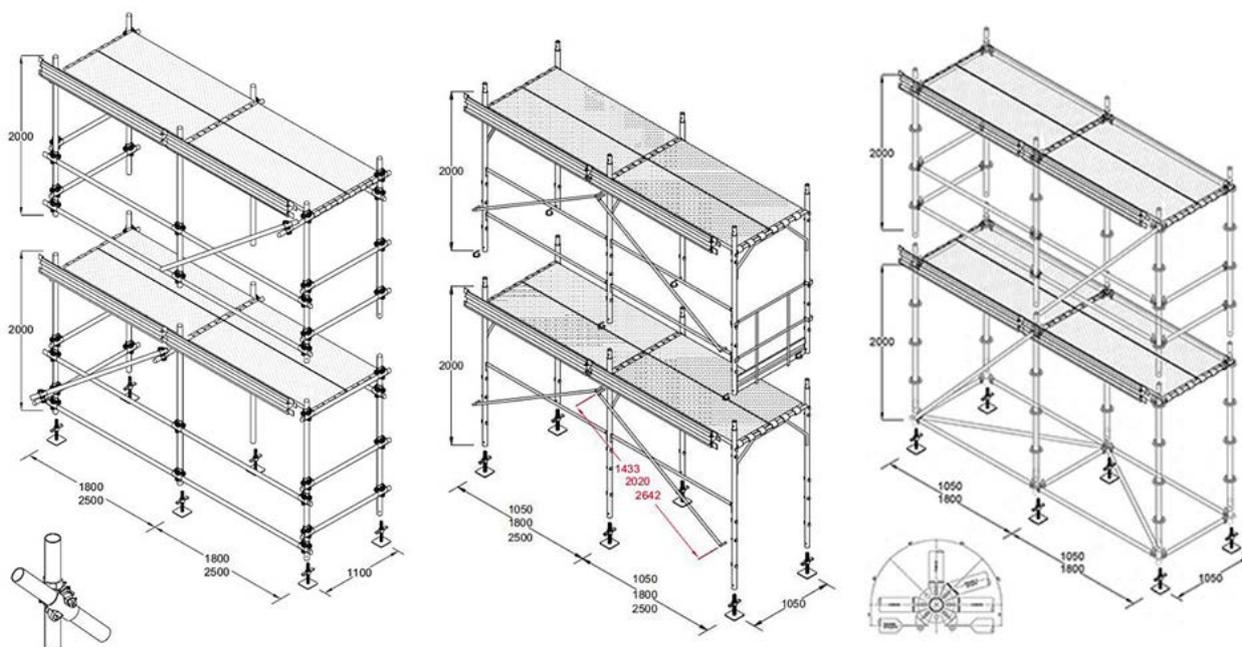


Figura 1- Ponteggio a tubi e giunti - Ponteggio a telai prefabbricati - Ponteggio multidirezionale
 - Comipont ponteggi, <http://www.comipont.it/ponteggi.html>

I ponteggi metallici possono essere ulteriormente classificati in base alla classe di carico, essa indica l'entità del carico di servizio che deve essere considerata sugli impalcati del ponteggio ai fini delle verifiche di progetto; le condizioni massime di carico di servizio, cioè l'entità del carico e il numero di impalcati da caricare, sono indicati nel libretto a corredo dell'opera provvisoria.

Le Circolari del Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale 85/78, 44/90 e 132/91 distinguono:

Classi	Carico uniformemente distribuito (kN/m ²)	Carico concentrato area 500 x 500 mm (kN)	Carico concentrato area 200 x 200 mm (kN)	Carico sull'area parziale	
				(kN/m ²)	Fattore d'area parziale (m ²)
Ponteggio da manutenzione	1,50	1,50	1,00	—	—
Ponteggio da costruzione	3,00	3,00		5	0,4 A
Piazzole di carico	4,50	3,00		7,5	0,4 A

Tabella 1 - Classi di carico – Circolari ministeriali 85/78, 44/90 e 132/91

La norma UNI EN 12811-1 introduce altre tre classi di carico oltre a quelle indicate nelle suddette circolari, per un totale di sei classi di carico:

Classe di carico	Carico uniformemente distribuito q_1 kN/m ²	Carico concentrato sull'area 500 mm x 500 mm F_1 kN	Carico concentrato sull'area 200 mm x 200 mm F_2 kN	Carico sull'area parziale	
				q_2 kN/m ²	Fattore dell'area parziale $a_p^{1)}$
1	0,75 ²⁾	1,50	1,00	-	-
2	1,50	1,50	1,00	-	-
3	2,00	1,50	1,00	-	-
4	3,00	3,00	1,00	5,00	0,4
5	4,50	3,00	1,00	7,50	0,4
6	6,00	3,00	1,00	10,00	0,5

1) Vedere punto 6.2.2.4.
2) Vedere punto 6.2.2.1.

Tabella 2 -- Classi di carico – Norma UNI EN 12811-1

Elementi costitutivi

I ponteggi metallici sono realizzati mediante l'assemblaggio di singoli componenti e l'opera provvisoria realizzata, nonostante la sua complessità, deve risultare stabile e sicura. Al fine di ottenere una idonea struttura, i singoli componenti devono rispondere a precisi requisiti dimensionali, funzionali e di manutenzione. Tali componenti, attenendosi alla nomenclatura dettata dalla norma UNI EN 12811-1, risultano essere:

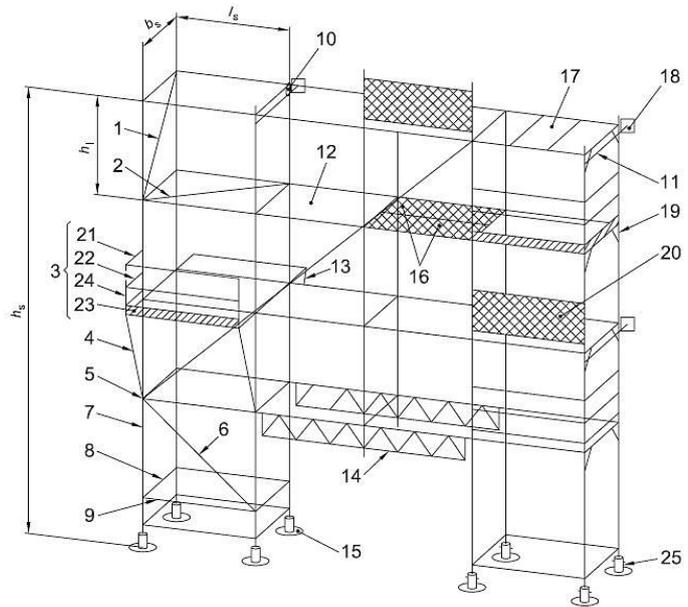
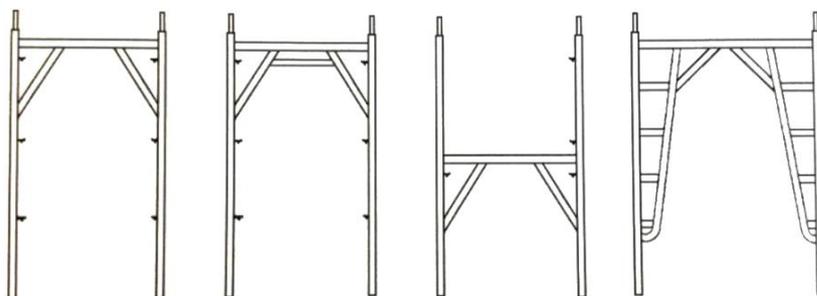


Figura 2 - Schema ponteggio metallico – Norma UNI EN 12811-1

1. **CONTROVENTATURA NEL PIANO VERTICALE:** gruppo di componenti che fornisce rigidità al taglio nei piani verticali, per esempio telai chiusi con o senza controventature angolari, telai aperti, telai a scale con aperture di accesso, collegamenti rigidi o semirigidi tra i componenti orizzontali e verticali, diagonali di controventatura o altri elementi utilizzati per la controventatura verticale;
2. **CONTROVENTATURA NEL PIANO ORIZZONTALE:** gruppo di componenti che fornisce rigidità al taglio nei piani orizzontali, per esempio mediante componenti di impalcato, telai, pannelli a telaio, diagonali di controventatura e collegamenti rigidi tra traversi e correnti o altri elementi utilizzati per la controventatura orizzontale;
3. **PROTEZIONE LATERALE:** serie di componenti che formano una barriera per proteggere le persone dal rischio di caduta e per trattenere i materiali;
4. **PUNTONE DELLA MENSOLA:** elemento che costituisce sostegno per la mensola per disassamento;
5. **NODO:** punto teorico in cui due o più elementi sono collegati insieme;
6. **CONTROVENTATURA NEL PIANO VERTICALE:** gruppo di componenti che fornisce rigidità al taglio nei piani verticali, per esempio telai chiusi con o senza controventature angolari, telai aperti, telai a scale con aperture di accesso, collegamenti rigidi o semirigidi tra i componenti orizzontali e verticali, diagonali di controventatura o altri elementi utilizzati per la controventatura verticale;
7. **MONTANTE:** elemento verticale atto a sopportare tutti i carichi agenti sul ponteggio;

8. TRAVERSO: elemento orizzontale posto solitamente nella direzione della dimensione minore del ponteggio di servizio;
9. CORRENTE: elemento orizzontale posto solitamente nella direzione della dimensione maggiore del ponteggio di servizio;
10. GIUNTO: dispositivo utilizzato per collegare due tubi;
11. ELEMENTO DI ANCORAGGIO: componente del ponteggio che lo collega con un ancoraggio alla struttura;
12. IMPALCATO: uno o più elementi di impalcato su un livello all'interno di un campo;
13. MENSOLA: elemento a sbalzo che consente l'ampliamento del piano di lavoro;
14. TRAVI PER PASSO CARRAIO: elemento utilizzato per la realizzazione di un passo carraio, ovvero quando si deve realizzare l'interruzione di un montante e trasferire il carico ai montanti adiacenti;
15. BASETTA FISSA: piastra utilizzata per distribuire il carico su un'area maggiore in un montante;
16. ELEMENTO DI IMPALCATO: elemento (prefabbricato o di altro tipo) che sostiene il carico per conto proprio e che forma l'impalcato o parte dell'impalcato e può costituire una parte strutturale del ponteggio di servizio;
17. TELAIO ORIZZONTALE: struttura di irrigidimento orizzontale volto ad aumentare la resistenza del carico di esercizio dell'impalcato poggiante su di esso;
18. ANCORAGGIO: mezzo inserito nella struttura, o fissato ad essa, per fissare un elemento di ancoraggio. L'effetto di un ancoraggio si può ottenere collegando l'elemento a una parte della struttura destinata principalmente ad altri scopi;
19. TELAIO VERTICALE O TELAIO PREFABBRICATO: elemento prefabbricato rigido costituito da due montanti collegati da un traverso in modo solidale, realizzati secondo diverse sagome;



*Figura 3 - Telaio a portale - Telaio a portale irrigidito - Telaio ad H - Telaio a portale rinforzato
- Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi*

20. STRUTTURA DI RECINZIONE: elemento protettivo, costituito da reti, in grado di impedire o limitare cadute di materiali;
21. CORRENTE PRINCIPALE DI PARAPETTO: tubo orizzontale che collega i montanti in direzione parallela all'edificio servito con funzione di parapetto o di puro collegamento;
22. CORRENTE INTERMEDIO DI PARAPETTO: tubo orizzontale che collega i montanti in direzione parallela all'edificio servito, con la funzione di ridurre lo spazio libero tra il corrente superiore e il piano di lavoro;
23. FERMAPIEDE: elemento di protezione in legno o metallo;
24. MONTANTE DI PARAPETTO: elemento verticale utilizzato per la realizzazione di un parapetto che risulti sostegno di protezione provvisorio contro la caduta dall'alto dei lavoratori;
25. BASETTA REGOLABILE: basetta con un mezzo per la regolazione verticale.

Sono particolarmente utili le ulteriori seguenti definizioni:

26. PARAPETTO A TELAIETTO: elemento utilizzato nei ponteggi a telai prefabbricati con la doppia funzione di elemento protettivo (parapetto) e irrigidimento del piano ove esso è posto;

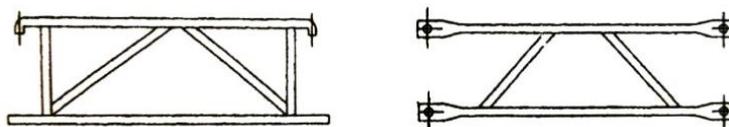
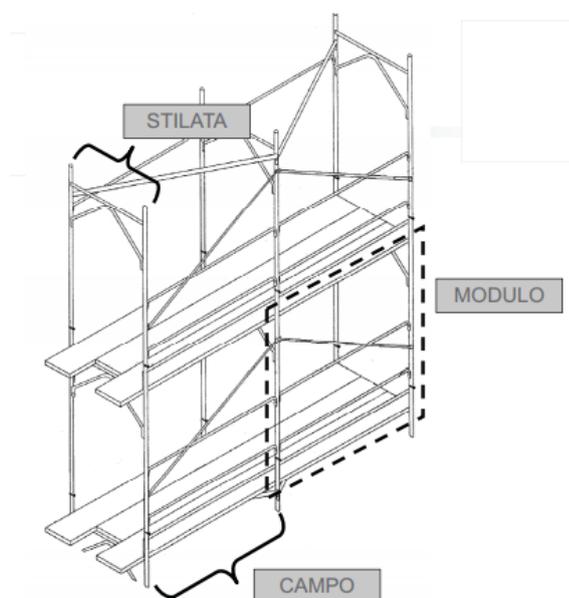


Figura 4 - Parapetto a telaietto - Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

27. SBADACCHIO: elemento che viene accoppiato all'ancoraggio del ponteggio che opera in contrapposizione con l'ancoraggio, con lo scopo quindi di bloccare l'avvicinamento del ponteggio all'edificio;
28. SOTTOPONTE: ripiano protettivo posto alla prima quota del ponteggio, spesso alla base del parasassi, avente la funzione di trattenere cadute di materiale;
29. STILATA: è costituita dall'accoppiamento di due montanti collegati dai traversi e giace in un piano verticale, ortogonale alla parete servita;
30. PARASASSI: elemento protettivo per la caduta di materiale minuto;
31. PASSO CARRAIO: particolare struttura realizzata per creare un ampio varco per l'attraversamento. Viene realizzato mediante l'interruzione di una stilata e l'apposizione di elementi aggiunti in grado di trasferire le azioni alle parti adiacenti (travette prefabbricate o aggiunta di diagonali);

32. PARTENZA DI ADATTAMENTO: particolare disposizione della parte iniziale del ponteggio utilizzata per particolari esigenze o situazioni dei luoghi (strade in pendenza, ostacoli etc.), realizzata solitamente in tubi e giunti. Dalla struttura di adattamento viene spiccato il ponteggio;
33. PIAZZOLE DI CARICO: ampliamento del piano di lavoro ottenuto mediante apposite mensole prefabbricate (ponteggi a telai) o con elementi tubolari inclinati; tali elementi devono essere adeguatamente controventati ed ancorati all'edificio in quanto tendono a destabilizzare il ponteggio. Spesso richiedono il raddoppio dei montanti;
34. PARTENZA RAVVICINATA: particolare disposizione della parte iniziale del ponteggio utilizzata per ridurre lo spazio occupato dal ponteggio. Viene realizzata con elementi prefabbricati nel caso di ponteggi a telai o con particolari schemi nei ponteggi a tubi e giunti. La realizzazione di tale elemento deve essere particolarmente curata nella fase di calcolo ed in quella di esecuzione, in quanto la stabilità dell'intero ponteggio viene affidata in modo quasi esclusivo agli ancoraggi all'edificio, che ovviamente risultano notevolmente sollecitati;
35. SCALETTA DI SERVIZIO: elemento atto a collegare verticalmente gli impalcati del ponteggio;
36. STILATA: la fila del montante interno ed esterno collegata dai traversi;
37. CAMPO: la parte di ponteggio compresa tra due stilate consecutive;
38. MODULO: la superficie compresa tra due montanti consecutivi con il piano di lavoro e quello immediatamente superiore.



*Figura 5 - Schema rappresentativo di Stilata, Campo e Modulo
- Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi*

Collegamenti tra le aste

In un ponteggio a tubi e giunti, le aste afferenti ad un nodo vengono collegate assialmente fra loro tramite lo spinotto, il quale ha la funzione di rendere i tubi coassiali fra loro.

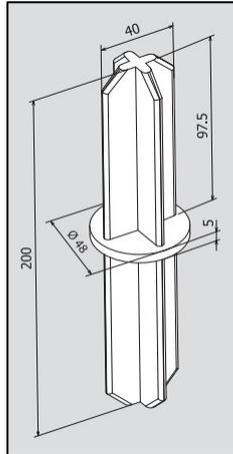


Figura 6 – Spinotto – FerroMet, <http://www.ferro-met.com/prodotti>

Ai sensi dell'art. 136 del D.Lgs. 81/2008, le aste inoltre devono essere poste strettamente l'una in prossimità dell'altra, a tale proposito vengono usati i giunti, al fine di ridurre al minimo le eccentricità e i conseguenti “momenti parassiti” che possono indurre aggravamenti di sollecitazione. Si riconoscono diverse tipologie di giunti in funzione al tipo di collegamento fra le aste che si vuole effettuare (ortogonale, parallelo, girevole, di tenuta, assiale etc.). Il giunto ortogonale è il più utilizzato, seguito da quello girevole; il giunto di tenuta viene usato in accoppiamento con i precedenti e ha il fine di aumentare la forza di scorrimento del giunto principale a seguito dello sforzo di scorrimento che esso è in grado di trasmettere, in quanto munito di particolari intagli.

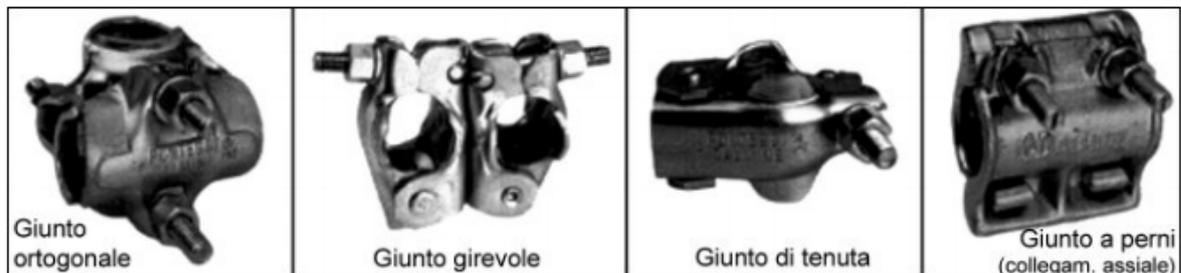


Figura 7 - Giunti di collegamento di uso frequente
– Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

È importante che i bulloni dei giunti vengano serrati in modo corretto: un serraggio troppo stretto provocherebbe sollecitazioni anomale nelle aste e usura, mentre un serraggio lento consentirebbe movimenti e sfilamenti sotto carico. Il serraggio con chiave dinamometrica è un

utile controllo di sicurezza, il valore corretto della coppia di serraggio viene indicato dalle ditte produttrici dei giunti.



*Figura 8- Dado, bullone e rondella dei giunti
– Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi*

Nei ponteggi prefabbricati, il collegamento tra le diverse aste (aste principali o montanti verticali e aste secondarie di controvento e collegamento), può avvenire tramite diversi sistemi. Nei ponteggi a telai prefabbricati i sistemi più usati sono quelli con l’attacco a boccole e quelli con attacco a perni, che spesso caratterizzano anche il nome del ponteggio. Mentre per quelli a montanti e traversi prefabbricati sono usati attacchi multidirezionali a 4, 6 e 8 vie di diversa natura e tipologia (a piattelli, a staffe, a boccole). Tutti i sistemi devono sempre possedere un apposito sistema di blocco tale da evitare lo sgancio accidentale.

In quasi tutti i sistemi di assemblaggio prefabbricato, il collegamento assiale tra i montanti avviene attraverso l’inserimento coassiale del tubo, in quanto una delle parti terminali presenta una sezione inferiore e tale da ricevere il tubo principale. Il blocco per impedire lo sfilamento accidentale avviene con l’inserimento, in un apposito foro nella zona di sovrapposizione, di un perno sagomato definito spina a verme.

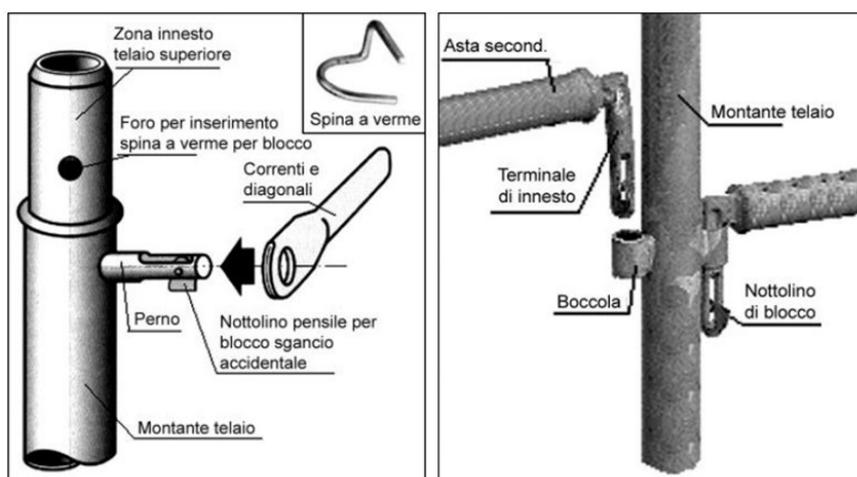


Figura 9 - Attacco a perni e attacco a boccole – Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

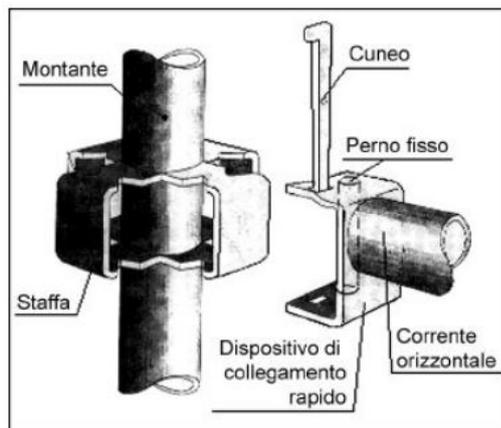


Figura 10 - Attacco rapido a 4 vie – Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

AUTORIZZAZIONE MINISTERIALE E LIBRETTO DEL PONTEGGIO

Se per i ponteggi in legno non sono previsti obblighi in fatto di autorizzazioni o verifiche di tipo strutturale, essendo per essi sufficiente applicare le regole di buona tecnica per il montaggio e lo smontaggio contenute nella Sezione IV del Titolo IV del D.Lgs. 81/2008, per i ponteggi metallici le norme hanno imposto rigorosi criteri costruttivi e procedure sia per l'omologazione che per l'esecuzione.

Ai sensi dell'art. 131 del D.Lgs. 81/2008, la commercializzazione e l'impiego di ponteggi metallici di ogni tipologia, destinati alla costruzione o alla manutenzione degli edifici, non può avvenire prima che il fabbricante abbia richiesto ed ottenuto una specifica autorizzazione al Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali, che viene concessa solo dopo che il ponteggio ha superato positivamente le verifiche di

SCHEMA DI PONTEGGIO DA MANUTENZIONE CON MENSOLE
CON TELAIO DI SOMMITÀ PER PARAPETTO CON INTERRUZIONE
DI UNA STILATA MEDIANTE TRAVETTA

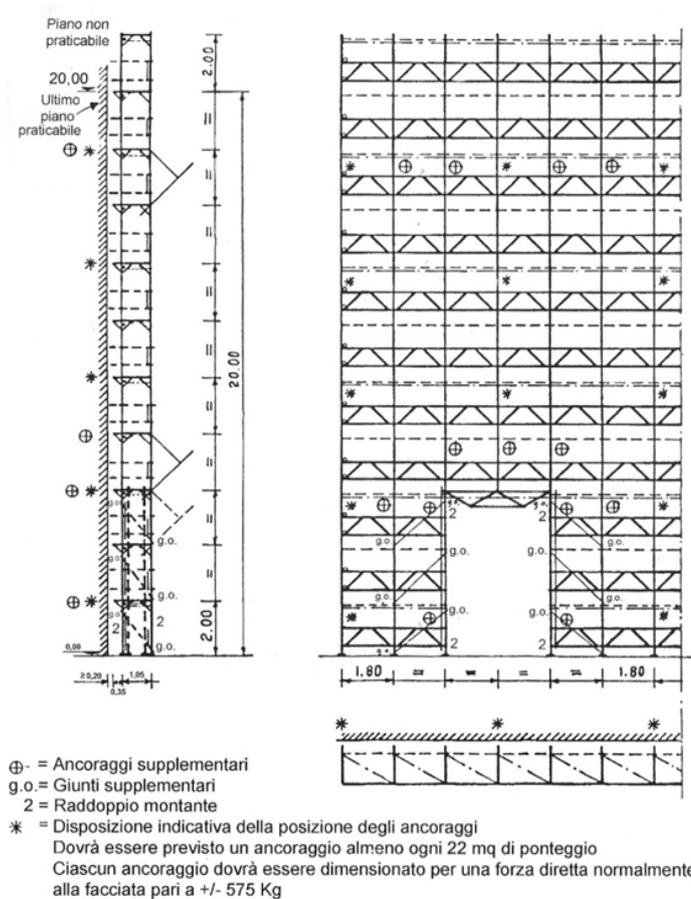


Figura 11 - Schema tipo ponteggio a telai prefabbricati, tratto da una autorizzazione ministeriale

progetto e le prove sperimentali, effettuate sia sui singoli elementi del ponteggio che sugli accessori e gli schemi particolari di montaggio previsti dalla ditta costruttrice.

L'autorizzazione ministeriale è parte integrante del "libretto del ponteggio", il quale comprende anche tutte le necessarie informazioni per l'utilizzo del ponteggio. Esso è composto dalle seguenti parti o capitoli:

- calcolo del ponteggio secondo varie condizioni di impiego;
- istruzioni per le prove di carico del ponteggio;
- istruzioni per montaggio, impiego e smontaggio del ponteggio;
- schemi-tipo di ponteggio con l'indicazione dei massimi carichi di servizio, altezza dei ponteggi e larghezza degli impalcati per i quali non sussiste l'obbligo del calcolo per ogni singola applicazione;
- istruzioni di calcolo per ponteggi metallici di altezza superiore a 20 m e per altre opere provvisoriale, costituite da elementi metallici, o di notevole importanza e complessità.

Il libretto e l'autorizzazione devono essere forniti dal venditore, in copia conforme, all'atto della consegna del ponteggio all'impresa utilizzatrice. Il D.Lgs. 81/2008 sancisce che vi sia l'obbligo di rinnovare l'autorizzazione ogni dieci anni, per verificare l'adeguatezza del ponteggio all'evoluzione del progresso tecnico.

In aggiunta all'autorizzazione il Ministero, a richiesta del fabbricante e a seguito di esame della documentazione tecnica, può essere rilasciata la rispondenza del ponteggio alle norme UNI EN 12810 e UNI EN 12811 o per giunti alla norma UNI EN 74.

Copia dell'autorizzazione ministeriale, delle istruzioni e degli schemi del ponteggio installato, deve essere mantenuta in cantiere per tutta la durata dei lavori ed esibita a richiesta degli organi di vigilanza, unitamente alla copia del Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio: le eventuali modifiche al ponteggio, che devono essere subito riportate sul disegno che correde il Pi.M.U.S., devono restare nell'ambito dello schema-tipo che ha giustificato l'esenzione dall'obbligo del calcolo.

I ponteggi che non possiedono l'autorizzazione ministeriale, non garantendo una sufficiente idoneità statica sperimentale e documentata, ai sensi dell'art. 118 del D.Lgs. 81/2008 non possono essere prodotti, commercializzati o concessi in uso. In ogni caso è necessario fare presente che l'autorizzazione ministeriale garantisce soltanto le situazioni progettuali del tutto conformi al contenuto del libretto di autorizzazione ministeriale sia per dimensioni che per carichi, per cui essa normalmente è valida nei seguenti casi:

- struttura alta fino a 20 m, misurata dal piano di appoggio delle basette all'estradosso del piano di lavoro più alto;
- struttura perfettamente conforme agli schemi-tipo riportati nel libretto di autorizzazione;
- strutture comprendenti un numero complessivo di impalcati non superiore a quello riportato negli schemi-tipo;
- struttura con gli ancoraggi conformi alle soluzioni proposte nella autorizzazione e posti in ragione di almeno uno ogni 22 m²;
- struttura con sovraccarico complessivo in proiezione verticale non superiore a quello preso in considerazione nella verifica di stabilità del ponteggio; in ogni caso il carico di servizio non può superare il valore massimo indicato nel libretto;
- la superficie di ponteggio esposta all'azione del vento non superiore per ciascun modulo a quella indicata nel libretto (al riguardo si precisa che l'applicazione di cartelli e/o teloni protettivi non è prevista in nessuna delle autorizzazioni ministeriali);
- l'azione dei carichi dovuti alla neve e/o al vento non siano superiori a quelle previste nell'autorizzazione ministeriale;
- disposizione degli elementi di collegamento e/o controventatura, perfettamente conformi allo schema previsto dal costruttore;
- i collegamenti tra le varie parti della struttura devono risultare bloccati mediante l'attivazione dei dispositivi di sicurezza previsti dal costruttore.

Se il ponteggio non risponde anche ad una sola delle precedenti condizioni, non garantisce un livello di sicurezza adeguato, circostanza questa che è presupposto dell'autorizzazione ministeriale, per cui in tali casi è necessario predisporre uno specifico progetto di verifica. Inoltre, per garantire l'utilizzatore che le parti di ponteggio usate sono provviste di autorizzazione ministeriale, oltre a richiederne copia conforme, ai sensi dell'art. 135 del D.Lgs. 81/2008 tutte le parti costitutive dell'opera provvisoria devono riportare a rilievo o a incisione il nome/marchio del fabbricante.

SCHEMA TIPO E PROGETTO SPECIFICO

La necessità di predisporre uno specifico progetto qualora non ci si attenga anche ad una sola delle prescrizioni previste nell'autorizzazione ministeriale deriva dalle considerazioni, presenti nella circolare del Ministero del Lavoro 149/85, secondo le quali il ponteggio metallico nel suo insieme è caratterizzato da aste di notevole snellezza e nodi con elevata mobilità. Questa circostanza può indurre ad un collasso della struttura in modo imprevisto e secondo modalità di difficile valutazione. Tali considerazioni hanno portato il legislatore ad adottare un criterio di valutazione uniforme per tutti i ponteggi per cui, con l'adozione delle prove sperimentali di laboratorio codificate, vengono fissati i limiti di impiego nell'uso dei ponteggi i quali vengono successivamente riportati nel libretto di autorizzazione a cui bisogna attenersi.

In conseguenza a quanto precedentemente detto, il libretto del ponteggio contiene lo schema tipo dell'opera provvisoria contemplato dal costruttore, i cui elementi principali sono:

- altezza massima della struttura pari a 20 m;
- adeguati sistemi di controvento (diagonali in pianta di facciata, ecc.);
- definizione dei carichi di servizio e del numero e tipo degli impalcati;
- disposizione e numero degli ancoraggi;
- numero di impalcati che è possibile caricare.

Quando lo schema da realizzare si attiene agli schemi tipo riportati nell'autorizzazione ministeriale o si opera con uno schema a vantaggio di sicurezza (come ad esempio minore altezza del ponteggio o minori carichi), non è necessario eseguire nessun progetto strutturale del ponteggio. Ai sensi dell'art. 134 e dell'allegato XXII del D.Lgs. 81/2008, è però necessario predisporre i disegni dell'opera provvisoria specificatamente riferita all'opera servita, disegni che devono risultare completi ed esaurienti per schemi, particolari e prescrizioni. Inoltre in questi casi specifici, è sempre necessario redigere il Piano di Montaggio Uso e Smontaggio (Pi.M.U.S), Tali documenti, unitamente all'autorizzazione ministeriale, devono essere tenuti in cantiere a disposizione degli organi di vigilanza.

Secondo l'art. 133 del D.Lgs. 81/2008 deve essere predisposto uno specifico progetto redatto e firmato da un ingegnere o architetto abilitato all'esercizio della professione, corredato di calcolo di resistenza e stabilità, quando:

- lo schema del ponteggio da realizzare presenta difformità rispetto all'autorizzazione ministeriale;

- nei casi in cui l'altezza del ponteggio è inferiore a quella prevista nello schema tipo, ma una delle altre indicazioni non viene rispettata (maggiori carichi o diversa disposizione o numero degli ancoraggi, maggior numero degli impalcati, zona geografica diversa ai fini dell'azione del vento e della neve, maggiore superficie esposta al vento, come in caso di presenza dei teloni o cartelloni pubblicitari etc.). Difatti quando nel ponteggio vengono installati canali di scarico, tabelloni pubblicitari graticciati, teloni, reti o altre schermature, oltre ad avere un maggior carico verticale dovuto al peso, si ha un notevole aggravio delle azioni trasmesse al ponteggio e agli ancoraggi per effetto dell'azione del vento;
- nel caso di ponteggi misti, ovvero qualora a uno schema a telai prefabbricati, per particolari esigenze, vengano intercalati elementi in tubi e giunti che non sono espressamente previsti negli schemi tipo dell'autorizzazione ministeriale; analogamente non è possibile utilizzare elementi prefabbricati facenti capo ad autorizzazioni ministeriali differenti, se non previo specifico progetto eseguito secondo le modalità indicate nella circolare n. 149/85, all'Allegato 1.

Anche in questo caso vanno predisposti i disegni esecutivi e il Pi.M.U.S., previsti dall'art. 134 e 136 del D.Lgs. 81/2008. Tali documenti, unitamente all'autorizzazione ministeriale, devono essere tenuti in cantiere per il loro pieno rispetto ed a disposizione degli organi di vigilanza.

SCHEMI PARTICOLARI DI OPERE PROVVISORIE

Ponteggi misti

Se nei ponteggi a tubi e giunti non accade quasi mai di dovere utilizzare differenti tipologie o marche di ponteggi, ciò potrebbe capitare nel caso di ponteggi prefabbricati soprattutto per realizzare elementi particolari, come ad esempio la realizzazione del parasassi o di passi carrai con l'interruzione di una o due stilate o una partenza rientrata o nel caso più generale di dover adattare il ponteggio a particolari situazioni.

In base alla circolare del Ministero del Lavoro 149/85 non è possibile utilizzare elementi facenti parte di ponteggi di tipo diverso e/o misto, anche se si tratta di elementi autorizzati, salvo che ciò non sia previsto in modo specifico nel libretto di autorizzazione ministeriale: contrariamente è necessario ricorrere ad uno specifico progetto di verifica realizzando i disegni specifici.

Le autorizzazioni ministeriali più vecchie contemplano alcune delle situazioni miste, che nella maggior parte dei casi riguardano:

- il passo carraio con elementi in tubi e giunti di tipo autorizzato;
- il parasassi con elementi in tubo e giunto di tipo autorizzato.

Mentre in quelle più recenti, anche per le realizzazioni sopracitate vengono predisposti specifici elementi prefabbricati.

Pertanto, si ribadisce che quando si opera al di fuori di tali particolari circostanze, ovvero fuori da schemi previsti nelle autorizzazioni ministeriali, si configura infatti una realizzazione non conforme e quindi che non possiede i requisiti di sicurezza e stabilità previsti dall'autorizzazione, per cui come già detto è necessario approntare uno specifico progetto. Un altro caso molto frequente che si riscontra nella pratica è quello di combinare a una struttura di tipo prefabbricato parti di un ponteggio diverso a tubi e giunti, o anche di combinare elementi a telai prefabbricati di marche diverse. In tali casi, fermo restando l'obbligo di uno specifico progetto, occorre in via preliminare che siano accertate le seguenti compatibilità e vengano rispettati i seguenti accorgimenti³:

- che gli elementi complementari appartengano a un unico tipo di ponteggio autorizzato;
- che nell'assemblaggio delle parti aggiuntive ci si attenga in modo scrupoloso alle indicazioni di montaggio per gli schemi-tipo dichiarati nelle autorizzazioni, tenendo in conto anche i sistemi di ancoraggio;
- che l'unione fra le diverse componenti di ponteggio risulti possibile senza l'impiego di ulteriori elementi di raccordo non previsti nelle autorizzazioni ministeriali dei due tipi di ponteggio che si vanno ad assemblare;
- che in prossimità dell'innesto i telai del ponteggio prefabbricato vengano chiusi mediante tubi e giunti.

Dunque, in tutti i casi di ponteggi misti con situazioni non previste nella autorizzazione ministeriale, fermo restando l'obbligo che di tutti gli elementi da utilizzare siano marchiati e quindi provvisti di autorizzazione ministeriale, diventa obbligatorio predisporre uno specifico progetto provvisto di tutti i necessari disegni ciò sulla base sia delle indicazioni delle rispettive

³ Circolare del Ministero del Lavoro n. 20/2003.

autorizzazioni che delle prescrizioni contenute nel punto 7 dell'Allegato 1 alla circolare del Ministero del Lavoro 149/85.

Talvolta capita di dover erigere un ponteggio che non disponga di sufficiente spazio come base di appoggio, ovvero che debba cambiare direzione nella fase di montaggio verso l'alto per la presenza di canali di gronda o balconi aggettanti verso l'esterno della facciata servita. Il montaggio del ponteggio nell'usuale configurazione risulta pertanto difficoltosa. In tutte le autorizzazioni ministeriali di ponteggi metallici fissi sono previste configurazioni tipo, per schema di montaggio o per la presenza di specifici telai prefabbricati, che permettono la realizzazione del ponteggio con configurazioni particolari: partenza ristretta; sbalzi con mensole e puntone; servizi ai piani dei solai; piazzola di carico con mensola e puntone.

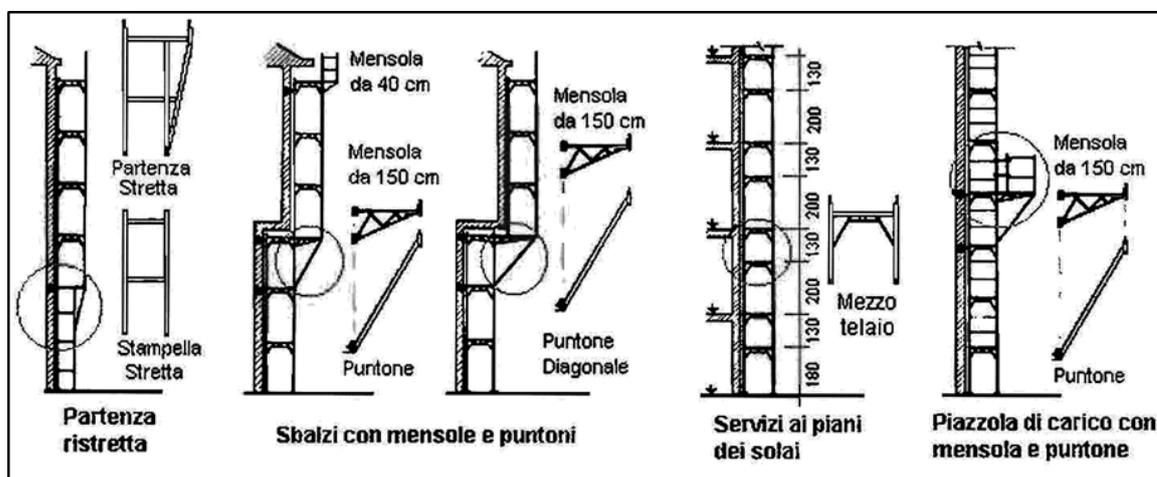


Figura 12 - Esempi di composizioni di ponteggio prefabbricato – Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

Spesso capita di realizzare ponteggi a tubi e giunti i cui elementi fanno riferimento ad autorizzazioni differenti e quindi con parametri di resistenza diversi (carichi di collasso dei montanti, forze di scorrimento dei giunti diversi, tensione ammissibile del materiale ecc.), pur mantenendo immutato lo schema previsto nelle rispettive autorizzazioni: anche in tale caso sono obbligatori il progetto e i disegni a firma di un tecnico abilitato.

Nei casi sopra citati di ponteggi misti diventa obbligatorio tenere in cantiere a disposizione degli organi di vigilanza, oltre al progetto e ai disegni specifici, tutte le autorizzazioni ministeriali delle varie tipologie di elementi utilizzati.

In merito all'uso promiscuo dei ponteggi metallici fissi, occorre fare riferimento alla circolare del Ministero del Lavoro 20/2003 - Chiarimenti in relazione all'uso promiscuo dei ponteggi metallici fissi. E' interessante riscontrare che la promiscuità dei ponteggi riguarda in modo specifico situazioni particolari costituite da partenza di adattamento in tubi e giunti

sormontati da ponteggi a telai, sbalzi sommitali su ponteggi a elementi prefabbricati, passi carrai in tubi e giunti e ponteggi prefabbricati, sbalzi in tubo e giunto su ponteggi prefabbricati e situazioni analoghe, anche con due differenti tipi di ponteggi prefabbricati, a patto che vengano rispettate le seguenti condizioni:

- che venga predisposto specifico progetto;
- che sia verificata l'accoppiabilità degli elementi facenti capo alle due diverse autorizzazioni ministeriali;
- che vengano impiegati elementi facenti capo a uniche autorizzazioni ministeriali (distinte tra elementi in tubi e giunti ed elementi prefabbricati);
- il piano di separazione tra le due tipologie deve essere adeguatamente controventato e ancorato.

Inoltre in cantiere devono essere tenute, unitariamente al progetto (relazione e disegni), tutti i libretti delle autorizzazioni ministeriali di tutte le tipologie o marche di elementi usati.

Piani di carico, piazzole e castelli di tiro, sistemi di sollevamento

Per quanto attiene la salita dei materiali necessari alle lavorazioni, occorre porre particolare attenzione all'installazione sul ponteggio metallico fisso di un apparecchio di sollevamento. Nel caso in cui venga realizzato attraverso l'installazione di un argano a motore, esso non deve superare la portata di 200 kg e la zona dove è installato deve essere adeguatamente rinforzata come segue⁴:

- i montanti ove sono applicati gli elevatori devono essere adeguatamente dimensionati e in ogni caso devono essere raddoppiati;
- il piano di carico deve essere adeguatamente controventato;
- i bracci girevoli portanti carrucole e argani devono essere ancorate ai montanti mediante staffe con bulloni provvisti di dado e controdado;
- nella zona di ingresso del carico può essere lasciato un varco strettamente necessario al passaggio del carico, a condizione che la tavola fermapiedi abbia altezza non inferiore a 30 cm;

⁴ Punti 3.2 e 3.3 dell'Allegato XVIII del D.Lgs. 81/2008

- ai lati del vano si devono applicare due robusti e rigidi sostegni: quello opposto all'argano va prolungato in alto fino ad ancorarsi alla struttura superiore del ponteggio, l'altro va prolungato almeno fino a 125-130 cm dall'impalcato;
- nel lato interno dei due sostegni di cui al punto precedente, all'altezza di 120 cm e nel senso perpendicolare all'apertura, vanno applicati due staffoni in metallo, sporgenti non meno di 20 cm, che servono da appoggio e protezione all'addetto alle manovre.

È implicito che nei casi in cui tutti questi accorgimenti non si possano concretizzare per motivi tecnici, il manovratore può operare solo se munito di imbracatura di sicurezza marcata CE, fissata a un elemento fisso di parapetto di adeguata resistenza.

Quando i carichi da trasferire ai piani del ponteggio sono consistenti, ovvero nei casi dei ponteggi da costruzione, può diventare necessario disporre di piazzole di carico⁵, se non addirittura dei veri e propri castelli di tiro⁶, ovvero una apposita struttura autonoma che si affianca al ponteggio. Nel caso delle piazzole di carico, si vengono a creare degli spazi aggiuntivi esterni al ponteggio e servono per raccogliere, dagli apparecchi di sollevamento in servizio al cantiere, il materiale da utilizzare nei vari lavori.

Le piazzole di carico (solitamente rientrano nelle autorizzazioni ministeriali e quindi non sono causa di progetto specifico se realizzati in conformità allo schema autorizzato) devono essere realizzate con cura e attenzione in quanto sono notevolmente sollecitate. Dunque è bene rispettare le seguenti prescrizioni:

- sulla stessa verticale non può essere installata più di una piazzola di carico;
- le autorizzazioni ministeriali prevedono piazzole di dimensioni standardizzate, che possono comprendere la larghezza di uno o due campi di ponteggio (1,80 m o 3,60 m di lunghezza) per 1,50 m di larghezza di piano d'appoggio a sbalzo verso l'esterno;
- la realizzazione deve seguire le prescrizioni costruttive presente nell'autorizzazione ministeriale;
- un cartello deve indicare la portata massima della piazzola e dell'eventuale argano a motore.

⁵ Non ci sono riferimenti normativi. Le caratteristiche tecniche sono presenti sulle rispettive autorizzazioni ministeriali rilasciate ai sensi delle circolari 85/78, 44/90 e 132/91, circa le tre tipologie di ponteggio metallico fisso.

⁶ Punti 3.1 e 3.2 dell'Allegato XVIII del D.Lgs. 81/2008.

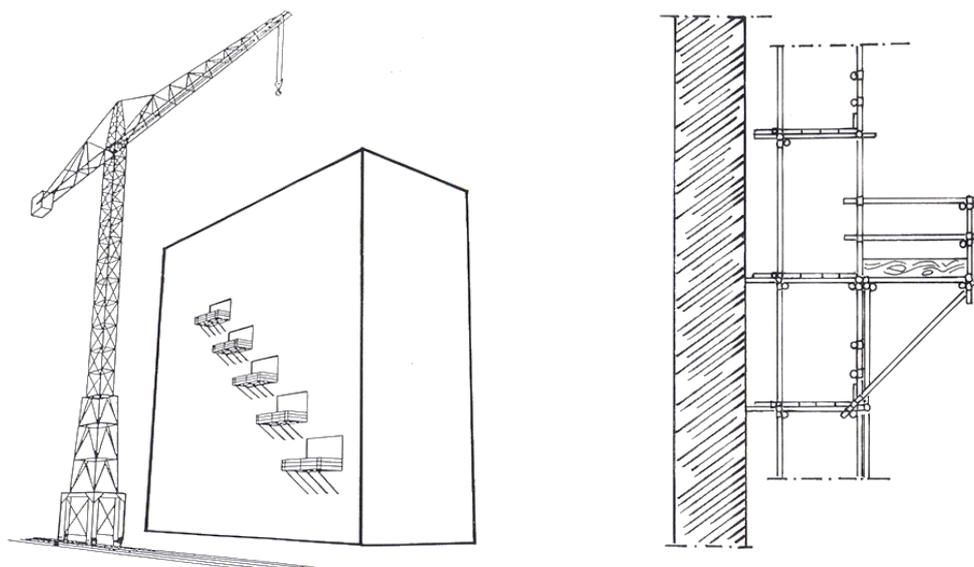


Figura 13 - Organizzazione sbarco materiali con piazzole di carico - Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

Per aree di appoggio materiali più ampie e robuste, non previste negli schemi tipo, è possibile procedere alla loro realizzazione solo a fronte di un progetto costituito da una relazione di calcolo firmata, corredata dai disegni esecutivi.

Talvolta è conveniente rinunciare alla realizzazione di piazzole di carico, per realizzare dei veri e propri castelli di tiro, aventi caratteristiche strutturali notevolmente superiori alle piazzole di carico. Per quanto riguarda i castelli di tiro, gli stessi devono rispettare le seguenti prescrizioni:

- gli impalcati devono risultare sufficientemente ampi ed essere costituiti da tavole con spessore non inferiore a 5 cm, che devono poggiare su traversi aventi sezione e interasse dimensionati in relazione al carico massimo previsto per ciascuno dei ripiani medesimi;
- per tale opera provvisoria il sottoponte di sicurezza⁷ può essere omissivo;
- disporre le controventature dei montanti ogni due piani di ponteggio;
- disporre gli ancoraggi del castello alla costruzione a ogni piano;
- disporre parapetto normale con fermapièdi da 30 cm su tutti i lati verso il vuoto;
- posizionare sempre un cartello con la chiara indicazione della portata massima del castello;
- essere eretti in base a un progetto redatto ai sensi dell'art. 133 del D.lgs. 81/2008, comprendente un calcolo di resistenza e stabilità eseguito secondo le istruzioni approvate nell'autorizzazione ministeriale del ponteggio a tubi e giunti di riferimento e un disegno esecutivo.

⁷ Art. 128 del D.Lgs. 81/2008.



Figura 14 - Castello di tiro ancorato al ponteggio *Figura 15 - Castello di tiro ancorato al fabbricato*

Siccome la presenza del castello di tiro, specie quando a pieno carico, genera una pressione molto elevata sulle basette, è bene ripartirla sul terreno mediante opportuni accorgimenti (tavoloni o idonei elementi ripartitori) ben robusti e dimensionati.

Ai sensi dell'art. 114 del D.Lgs. 81/2008, il posto di carico e di manovra alla base del castello deve essere protetto e segnalato, ovvero delimitato con barriera anche provvisoria, per impedire la permanenza e il transito sotto i carichi di terzi e addetti ai lavori.

Scale per l'accesso ai piani di ponteggio

L'accesso ai diversi piani del ponteggio deve risultare pratico e sicuro. Si utilizzano comunemente delle scale a mano, in legno o metallo: quelle in metallo rientrano nelle autorizzazioni ministeriali, assieme ai ripiani metallici provvisti delle relative scalette di servizio per l'accesso ai piani. Le scalette di accesso ai piani non devono essere disposte l'una in prosecuzione dell'altra, ma sfalsate, ovvero le aperture delle botole non devono mai essere sovrapposte.

Sugli intavolati del ponte le scale devono essere ben collocate e vincolate. La base d'appoggio deve essere stabile, la scala va bloccata in modo da impedirne lo scivolamento e il ribaltamento. Infine si fa presente che le apposite botole o aperture praticate nei ripiani metallici prefabbricati devono essere mantenute normalmente chiuse: esse vanno aperte solo per il passaggio del personale addetto e successivamente richiuse.

L'art. 113 del D.Lgs. 81/2008, in merito alle scale, prevede in modo esplicito che il datore di lavoro oltre ad assicurare che le scale a pioli siano stabili, deve accertare la rispondenza a rigorosi

criteri di tipo costruttivo oltre che di uso e manutenzione, dettagliatamente indicati nel citato articolo, ed i cui requisiti sostanziali vengono sintetizzati in:

- il piano di appoggio deve essere stabile, resistente e tale da assicurare l'orizzontalità dei pioli;
- le scale a pioli sospese devono essere agganciate in modo sicuro e tale da evitare oscillazioni e spostamenti;
- le scale a pioli devono essere dotate di idoneo elemento in grado di contrastare lo scivolamento, mediante adeguato fissaggio superiore o adeguato dispositivo antiscivolo alla base;
- le scale devono sporgere a sufficienza oltre il piano di accesso, a meno che altri dispositivi garantiscano una presa sicura in corrispondenza del piano di arrivo;
- le scale a pioli composte da elementi innestabili devono essere adeguatamente innestate prima dell'uso;
- deve essere assicurato in qualsiasi momento un appoggio ed una presa sicura, ed il trasporto a mano di pesi durante il transito sulle scale deve avvenire in piena sicurezza.

Si precisa che la norma è di carattere generale e riferita a lavori eseguiti in quota: i ponteggi metallici fissi dispongono di scale specificatamente studiate per l'accesso ai piani del ponteggio, per cui la norma sopracitata deve essere tenuta in considerazione nel momento in cui si faccia uso di scale a pioli durante le fasi di montaggio, trasformazione e smontaggio dei ponteggi metallici fissi.

CAPITOLO II - REQUISITI MINIMI DI PROGETTAZIONE DEL PONTEGGIO

MODELLO DI CALCOLO

Prima dell'entrata in vigore delle N.T.C. 2008, le verifiche degli elementi strutturali dei ponteggi venivano eseguite con il metodo delle tensioni ammissibili e con riferimento alla norma CNR UNI 10011/88, che dava chiare indicazioni in merito alla modalità di verifica delle aste soggette a instabilità quali le tipiche aste dei ponteggi, caratterizzate da elevata snellezza.

Nessuna autorizzazione ministeriale, in conformità alle disposizioni fornite dal D.P.R. 164/56, prevedeva la verifica di tali strutture inserendo l'azione sismica, ma quasi tutte consideravano oltre al peso proprio e ai carichi di servizio anche l'azione del vento che, per le strutture in acciaio dotate di massa modesta, è quasi sempre più penalizzante rispetto all'azione sismica.

Successivamente alle N.T.C. è stato pubblicato anche il D.Lgs. 81/2008, che ha sostituito integralmente il vecchio D.P.R. 164/56. Il D.Lgs. 81/2008, in merito alla necessità e modalità di eseguire una progettazione strutturale di un ponteggio, non ha introdotto nulla di nuovo. Diversamente esaminando le N.T.C., è possibile rilevare quanto segue:

- le N.T.C. hanno cambiato il modo di progettazione delle costruzioni con specifico riferimento all'azione sismica e delle verifiche dei vari elementi strutturali con l'obbligatorietà dell'applicazione del metodo agli stati limite;
- le stesse N.T.C. non hanno però del tutto abbandonato il vecchio metodo delle tensioni ammissibili, in quanto al punto 2.7 prevedono i casi in cui è possibile ricorrervi, ovvero per costruzioni di tipo⁸ 1 e 2 e classe d'uso⁹ I e II che rientrano in zona 4, ovvero in zone a bassissima sismicità o non sismiche;
- il punto 2.4.1 delle N.T.C. ha introdotto il concetto di vita nominale di un'opera, individuando nel tipo 1 le *"Opere provvisorie - Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva"*, assegnandole una vita nominale non superiore a 10 anni. Per tali tipi di costruzione è ammessa una ulteriore specifica (riportata nella nota 1) la quale afferma che *"le verifiche sismiche di opere provvisorie o strutture in fase costruttiva possono omettersi quando le relative durate previste in progetto siano inferiori a 2 anni"*;

⁸ Punto 2.4.1 del D.M. 14/01/2008 (N.T.C.).

⁹ Punto 2.4.2 del D.M. 14/01/2008 (N.T.C.).

- il punto 2.4.2 delle N.T.C. ha inoltre introdotto il concetto di classe d'uso individuando nella classe I le costruzioni con presenza solo occasionale di persone e nella classe II le costruzioni con normali affollamenti.

Sulla base delle premesse precedenti è possibile dedurre quanto segue:

- nessuna autorizzazione ministeriale e nessuna norma in vigore prima delle N.T.C. ha previsto la verifica dei ponteggi considerando anche l'azione sismica;
- nessuna autorizzazione ministeriale prevede la verifica degli elementi dei ponteggi con il metodo agli stati limite;
- con riferimento alle N.T.C. i ponteggi utilizzati nei lavori di manutenzione e costruzione rientrano certamente tra le opere provvisorie, che normalmente vengono utilizzate per periodi inferiori a 2 anni;
- con riferimento alle N.T.C. i ponteggi, da un punto di vista dell'uso, rientrano certamente nella classe I trattandosi di manufatti con limitata presenza di persone. Al riguardo tutte le autorizzazioni ministeriali, nel rispetto delle circolari esplicative sui ponteggi, prevedono sempre un limitato numero di piani carichi (normalmente 1 o 2) che si devono mantenere scarichi nelle fasi di non utilizzo della struttura;

Di conseguenza, poiché i ponteggi metallici rientrano nella categoria di costruzioni di tipo 1 e nella classe d'uso I, prescrivendo una vita nominale non superiore a 2 anni, si possono omettere le verifiche sismiche da tali opere provvisorie. Inoltre è possibile riferirsi al punto 2.7 delle N.T.C. secondo il quale è applicabile il metodo di verifica alle tensioni ammissibili: la non applicabilità dell'azione sismica conduce all'ovvia conseguenza logica di poter considerare l'opera provvisoria come ricadente in zona 4.

Qualora non sia possibile rientrare anche in uno solo dei casi sopra citati è necessaria l'applicazione delle N.T.C. e quindi la verifica con il metodo agli stati limite.

Metodo alle tensioni ammissibili

Nella verifica delle aste dei ponteggi, operando con il metodo alle tensioni ammissibili e secondo le istruzioni dei libretti delle autorizzazioni ministeriali, è necessario effettuare ulteriori specifiche verifiche, in particolare:

- *verifica a scorrimento dei giunti*, ovvero individuazione del rapporto tra forza di scorrimento limite del giunto determinato sperimentalmente da una serie di prove di laboratorio codificate (frattile 5%) e la forza di scorrimento massima applicata allo stesso giunto derivante dal calcolo (S_c/S), accertandosi che tale rapporto sia non inferiore a 1,50;
- *verifica di sicurezza*, ovvero individuazione del rapporto tra il carico di collasso sperimentale derivato da una serie di prove di carico codificate e il carico normale agente sull'asta e derivante dal calcolo (N_c/N), accertandosi che tale rapporto sia non inferiore a 2,20 o 2,50 in funzione dell'importanza dell'asta.

In merito a tali tipologie di verifiche e ai relativi coefficienti di sicurezza (validi per il metodo alle tensioni ammissibili), a differenza della vecchia norma CNR-UNI 10011/88, delle circolari esplicative sui ponteggi e delle autorizzazioni ministeriali, nè le N.T.C. nè l'Eurocodice 3 sulle strutture in acciaio danno precise indicazioni in merito.

Come si evince quindi, l'attuale situazione normativa in merito al metodo di verifica delle aste dei ponteggi metallici fissi e più in generale delle opere provvisorie non è del tutto chiara. Dunque sulla base delle premesse e delle considerazioni fatte, per come è attualmente impostata la normativa di settore, è opportuno continuare con il metodo alle tensioni ammissibili facendo riferimento alle indicazioni della vecchia CNR-UNI 10011/88, attendendo l'emanazione di specifiche direttive al riguardo: l'articolo 131, comma 5, del D.Lgs. 81/2008 prescrive il rinnovo delle autorizzazioni ministeriali dei ponteggi metallici con cadenza decennale.

AZIONI SOLLECITANTI

Carichi esterni

Per le strutture metalliche e quindi per i ponteggi metallici, come evinto dal paragrafo precedente, l'azione sismica non viene considerata. Dunque i carichi esterni che vengono presi in esame, oltre al peso proprio (parti metalliche e ripiani), sono sostanzialmente tre:

- Carichi accidentali di servizio;
- Carico vento;
- Carico neve.

Carichi accidentali di servizio

I carichi di servizio costituiscono i carichi accidentali a cui sono soggetti gli impalcati del ponteggio durante l'uso, come è possibile riscontrare dalla seguente tabella dipendono dalla tipologia di lavoro che deve essere eseguita:

<i>Classe dell'impalcato</i>	<i>Genere di lavoro</i>	<i>Carico uniformemente ripartito KN/m²</i>
1	Lavori di ispezione Carico di servizio - aggiuntivo rispetto alle azioni previste per i carichi movimentati - per impalcati di mensole di estrazione dei tunnels	0,75
2	Lavori di manutenzione (pitturazione, pulitura di superfici, intonacatura, riparazione, ecc.) senza deposito di materiali salvo quelli immediatamente necessari	1,50
3	Lavori di manutenzione con limitato deposito di materiali necessari per il lavoro giornaliero	2,00
4	Lavori di costruzione (muratura, getti in calcestruzzo, ecc.)	3,00
5	Deposito temporaneo di materiali (piazzuole di carico)	4,50
6	Lavori di muratura pesante, vie di transito per veicoli leggeri	6,00

*Tabella 3 - Carichi accidentali di servizio - Prospetti 3A
circolari Min. Lav. 85/78 e 132/91 e prospetto 3 UNI EN 12811-1*

In merito ai carichi di servizio da applicare sui ripiani del ponteggio, si fa presente che nei ponteggi gli impalcati carichi sono variabili da 2 a 4 e solitamente, in funzione della tipologia della lavorazione da eseguire, i libretti di autorizzazione ministeriale prevedono un piano con carico di servizio al 100% ed un piano con carico di servizio al 50%, situazione questa prevista dalla normativa e da ritenere sicuramente minima. Inoltre, con riferimento ai singoli impalcati, è necessario eseguire verifiche locali con azioni concentrate.

Carico vento

Il carico vento¹⁰, per le strutture in acciaio, costituisce un notevole aggravio che deve essere attentamente valutato. Difatti l'azione del vento deve essere considerata sia in "fase di servizio"

¹⁰ Punto 5 della norma CNR-UNI 10012-85.

(ovvero mentre si svolgono i lavori) e sia nella fase di “fuori servizio” (ovvero quando non vi sono lavori in corso e l'attività lavorativa viene sospesa).

Per il calcolo dell'azione del vento si fa riferimento alla seguente espressione:

$$F = \frac{C \cdot (\alpha_r \cdot \alpha_t \cdot \alpha_z \cdot V_{rif})^2 \cdot G \cdot S}{1,6}$$

dove:

- C = coefficiente per effetto schermo pari a:
1,20 per il ponteggio; 1,30 per il parasassi e i tabelloni pubblicitari;
- α_r = coefficiente di ritorno da assumere pari 0,93;
- α_t = coefficiente di topografia da assumere pari a 1,00;
- V_{rif} = velocità di riferimento del vento da assumere pari a:
16 m/s in condizioni di servizio; 30 m/s in condizioni di fuori servizio;
- G = coefficiente di raffica da $1 + 1,12 / \alpha$;
- S = superficie effettiva di ponteggio investita dal vento, [m²];
- α_z = coefficiente di profilo; viene valutato con riferimento alla relazione:

$$\alpha_z = K_1 \cdot \ln(h / Z_0)$$

con:

ln = logaritmo naturale del termine ();

h = altezza della struttura, [m];

K_1 e Z_0 = coefficienti funzione della categoria del suolo;

- 1,6 = fattore correttivo per trasformare l'energia cinetica del vento in una forza.

I coefficienti “ K_1 e Z_0 ” variano in funzione della zona e della categoria di rugosità del suolo, così come riportato nella tabella seguente::

I	Zone direttamente esposte ai venti marini fascia costiera pianeggiante non costruita; piccole isole; promontori;	[$K_1 = 0,16$; $Z_0 = 0,005$]
II	Zone pianeggianti senza ostacoli;	[$K_1 = 0,19$; $Z_0 = 0,05$]
III	Edifici isolati;	[$K_1 = 0,23$; $Z_0 = 0,30$]
IV	Zone collinose e zone pianeggianti con numerosi ostacoli quali parchi alberati, o paesi di piccole dimensioni, periferie di grandi città;	[$K_1 = 0,26$; $Z_0 = 1,0$]
V	Zone collinose o pianeggianti con ostacoli numerosi e di altezza media maggiore di 25 metri; centri abitati pianeggianti ed intensamente edificati;	[$K_1 = 0,29$; $Z_0 = 2,50$]

Tabella 4 – Coefficienti carico vento - Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Carico neve

L'azione della neve è determinata con riferimento alle N.T.C. 2008 con opportuni adeguamenti per la tipologia di struttura considerata, dunque si calcola come segue:

$$q_s = \mu_i \cdot q_{sk}$$

dove:

- μ_i = coefficiente di forma dell'impalcato assunto normalmente pari a 0,8;
- q_{sk} = valore di riferimento del carico neve al suolo, [kN/m²].

Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, dalla variabilità delle precipitazioni nevose. In mancanza di ulteriori specifiche si adottano le seguenti tabelle:

ZONA I Regioni: Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Veneto, Abruzzo, Molise, Marche

$q_{ks} = 1,60$	kN/m ²	$a_s \leq 200$ m
$q_{ks} = 1,60 + 3 (a_s - 200)/1000$	kN/m ²	$200 < a_s \leq 750$ m
$q_{ks} = 3,25 + 3,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m ²	$a_s > 750$ m

ZONA II Regioni: Liguria, Toscana Umbria, Lazio, Campania (Provincia di Caserta, Benevento, Avellino) Puglia (provincia di Foggia)

$q_{ks} = 1,15$	kN/m ²	$a_s \leq 200$ m
$q_{ks} = 1,15 + 2,6 (a_s - 200)/1000$	kN/m ²	$200 < a_s \leq 750$ m
$q_{ks} = 2,58 + 8,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m ²	$a_s > 750$ m

ZONA III Regioni: Campania (Provincia di Napoli e Salerno), Puglia (escluso Provincia di Foggia), Basilicata, Campania, Sardegna, Sicilia

$q_{ks} = 0,75$	kN/m ²	$a_s \leq 200$ m
$q_{ks} = 0,75 + 2,2 (a_s - 200)/1000$	kN/m ²	$200 < a_s \leq 750$ m
$q_{ks} = 1,96 + 8,5 (a_s - 750)/1000$	kN/m ²	$a_s > 750$ m

Tabella 5 – Carico neve al suolo - Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Il termine a_s rappresenta la quota sul livello del mare del luogo dove sorge il ponteggio.

Condizioni di carico

Una volta identificati i carichi esterni agenti sul ponteggio metallico, cumulandoli in modo appropriato, si procede al calcolo considerando tre distinte condizioni di carico (C.d.C.). Si identificano quindi:

1° C.d.C.: *Condizione in servizio* considera agenti contemporaneamente le seguenti azioni:

- peso proprio del ponteggio (tubi e ripiani);
- carico accidentale di servizio negli impalcati in cui esso è previsto;
- azioni esplicite sui montanti (solo se espressamente previste);
- azione del vento in fase di servizio.

2° C.d.C.: *Condizione fuori servizio per vento* considera agenti contemporaneamente le seguenti azioni:

- peso proprio del ponteggio (tubi e ripiani);
- carico accidentale di servizio su un solo impalcato, ridotto al 50%;
- azioni esplicite sui montanti (solo se espressamente previste);
- azione del vento in fase di fuori servizio.

3° C.d.C.: *Condizione fuori servizio per neve* considera agenti contemporaneamente le seguenti azioni:

- peso proprio del ponteggio (tubi e ripiani);
- azione della neve sull'impalcato più alto;
- percentuale ridotta dell'azione della neve sugli altri ripiani presenti nel ponteggio. Nel caso in cui l'opera provvisoria sia provvista di teli protettivi, la percentuale di carico deve essere ridotta ulteriormente;
- azione della neve sul parasassi;
- azioni esplicite sui montanti (solo se espressamente previste);
- azione del vento in fase di fuori servizio.

MEMBRATURE DELLA STRUTTURA DEL PONTEGGIO

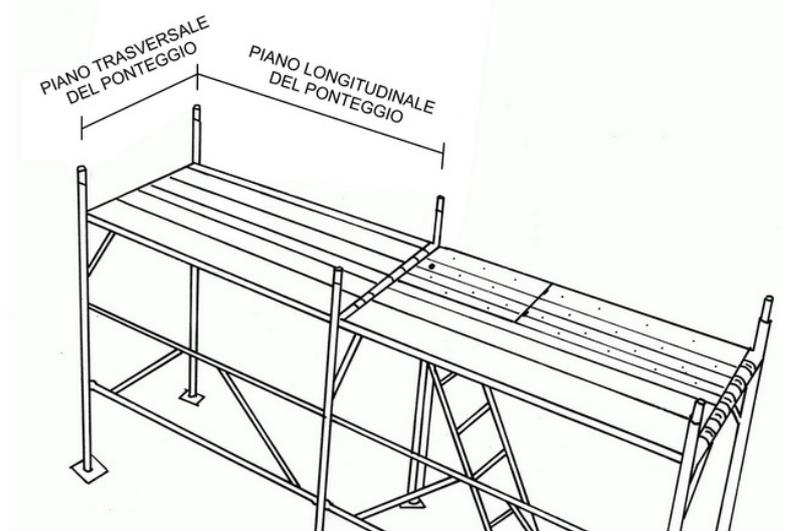
I ponteggi metallici vengono realizzati tramite l'assemblaggio di singoli componenti e l'opera provvisoria così assemblata, nonostante la sua complessità, deve risultare infine stabile e sicura. La normativa che stabilisce le dimensioni, tolleranze e caratteristiche meccaniche dei tubi a sezione circolare, impiegati nella costruzione di un ponteggio metallico, risulta essere la UNI EN 10219. Solitamente vengono usati tubi in acciaio dal diametro di 48,3 mm, con spessore di 3,20 mm o 4,00 mm, nei quali la tolleranza in difetto sugli spessori è pari al 10%. La resistenza dei tubi dipende dal tipo di acciaio con i quali sono stati realizzati, comunemente vengono impiegati acciai Fe360 (S235), Fe430 (S275) e Fe510 (S355).

Affinchè quindi il ponteggio risulti stabile e sicuro, è necessario che gli elementi costitutivi rispondano a specifici requisiti dimensionali, funzionali e di manutenzione. E' bene calcolare le azioni che sollecitano ciascun elemento costitutivo e verificare quindi che, in ogni sua parte, garantisca la sicurezza e stabilità di cui si necessita.

I montanti del ponteggio

I montanti del ponteggio sono le aste verticali alle quali è affidato il compito di assorbire i carichi verticali ed orizzontali che agiscono sull'opera provvisoria, sono soggetti ad una sollecitazione composta di pressoflessione.

Con la seguente figura si chiariscono quali siano i piani di azione sui quali esercitano la loro azione le sollecitazioni di cui sopra:



*Figura 16 - Piani di azione delle sollecitazioni sui montanti
- Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi*

Azioni sui montanti

Come precedentemente accennato, le azioni che sollecitano i montanti del ponteggio vengono determinate effettuando una semplice analisi dei carichi secondo la seguente procedura:

- 1) Calcolo del carico lineare (daN/m) agente sul singolo traverso, per ciascuna condizione di carico, dato da:

$$p = p_p + (p_r + q_s) \cdot i$$

dove:

- p_p = peso proprio del tubo;
- p_r = peso proprio ripiani;
- q_s = carico servizio;
- i = interasse longitudinale montanti (larghezza campo).

Tale azione viene determinata per i seguenti tre casi:

- traverso privo di ripiani e di carichi;
 - traverso con solo i ripiani;
 - traverso con ripiani e carichi accidentali.
- 2) Risoluzione del singolo traverso, vincolato ai montanti, che permette di determinare le seguenti azioni interne:
 - reazioni degli appoggi;
 - momenti flettenti nel piano trasversale del ponteggio, dovuti al grado di vincolo;
 - momenti flettenti nel piano longitudinale del ponteggio dovuti alla eventuale eccentricità tra traverso e montante, peraltro sempre presente nei ponteggi a tubi e giunti (valore sempre nullo nei ponteggi a telai prefabbricati).
 - 3) Determinazione della azioni (N ed M) agenti sui montanti per effetto del peso proprio dei carichi permanenti e di quelli accidentali, dati da:

$$N = n_1 \cdot R_1 + n_2 \cdot R_2 + n_3 \cdot R_3 + R_4 + R_5$$

dove:

- n_1 = numero totale piani del ponteggio;
- R_1 = reazioni traverso per solo peso proprio;

- n_2 = numero piani provvisti di ripiani;
- R_2 = reazioni trasverso per solo carico dei ripiani;
- n_3 = numero piani provvisti di carico accidentale;
- R_3 = reazioni trasverso per solo carichi accidentali;
- R_4 = quota parte del peso proprio del ponteggio (correnti, montanti, parasassi, parapetti);
- R_5 = eventuale carico verticale di compressione imposto al montante.

Per quanto riguarda il valore del momento assunto per la verifica dei montanti, in generale viene determinato con la seguente relazione:

$$M = \left[\sqrt{M_L^2 + M_T^2} + M_V + M_D \right] \cdot C + M_5 \cdot C + M_b \cdot C$$

dove:

- M_L = momento agente sul montante per effetto della eccentricità del trasverso rispetto al montante. E' sempre presente nei ponteggi a tubi e giunti ed è pari alla reazione del trasverso sull'appoggio per la eccentricità imposta nei criteri di progetto;
- M_T = momento agente sul montante a causa del grado di vincolo tra trasverso e montante;
- M_V = momento agente sui montanti per effetto del vento frontale;
- M_D = momento agente sui montanti a seguito di un difetto di assialità verticale. Dato dalla relazione $(N \cdot e)$ in cui "e" rappresenta un valore fittizio di eccentricità;
- M_5 = eventuale momento flettente imposto al montante;
- M_b = momento agente per effetto della presenza delle basette regolabili che in funzione del gioco presente, (funzione del diametro interno del montante, del diametro esterno della basetta e della lunghezza della basetta posta all'interno del montante), determinano una eccentricità che provoca un momento flettente parassita: tale azione viene considerata solo in presenza delle basette regolabili e quando la verifica del montante è riferita a quella del primo impalcato;
- C = coefficiente di combinazione per la determinazione del momento di verifica, in considerazione che tutti i momenti prima calcolati costituiscono valori massimi¹¹.

Quanto finora riferito chiarisce il modo con cui vengono determinate le azioni per la verifica dei montanti, i quali costituiscono gli elementi principali del ponteggio. E' necessario però un ulteriore chiarimento riguardo i valori di M_L , M_T , M_V .

¹¹ Vedi norma CNR-UNI 10011/88 punto 7.4.1.1

MOMENTO M_L : tale azione agisce nel piano longitudinale del ponteggio, a quota del traverso; nei ponteggi a tubi e giunti, alla stessa quota solitamente sono disposti i correnti, per cui il momento che agisce sul montante subisce una riduzione, in quanto parte del momento viene assorbito dai tali correnti. Una volta determinato M_L totale, esso viene distribuito alle aste convergenti in modo proporzionale alle lunghezze, ($E \cdot J$ è costante per tutte le aste). Nei ponteggi a telai prefabbricati tale valore è sempre nullo per l'assenza di eccentricità tra traverso e montante. Nella predetta ripartizione, per operare in sicurezza, la lunghezza dei correnti viene assunta doppia di quella reale in modo da caricare maggiormente i montanti in quanto su di essi sono ancorati i traversi. Qualora a quota del traverso manca il corrente a seguito di una diversa disposizione dei tubi, la riduzione è più modesta.

MOMENTO M_T : tale azione agisce nel *piano trasversale del ponteggio*, a quota del traverso, nel nodo di collegamento con il montante. Dunque una volta determinato M_T totale, esso viene distribuito alle aste convergenti nel nodo (traverso e montante) in modo proporzionale alle lunghezze, ($E \cdot J$ è costante per tutte le aste).

Nella relazione generale relativa al momento di verifica, viene ricavata la risultante dei precedenti due valori di momento flettente, in quanto i due momenti sono applicati nello stesso punto.

MOMENTO M_V : tale azione costituisce il momento applicato ai montanti per effetto del vento. Esso deve essere applicato sia al montante interno che a quello esterno ed è dipendente oltre che dalla forza del vento su ciascun modulo, dalla altezza del piano e dalla disposizione degli ancoraggi e viene determinato nel seguente modo:

- calcolo delle superfici effettivamente investite dal vento per ciascun modulo, comprendente tubi, ripiani, tavola fermapiede, corrimano, aliquota superficie teli, mantovana parasassi, etc.;
- calcolo della pressione del vento come previsto dalle specifiche precedenti;
- calcolo dell'azione del vento su ciascun modulo (N_V).

Nota la forza del vento che agisce sul singolo modulo, si fa l'ipotesi che essa agisca sul relativo montante, considerato incernierato alle estremità, (in modo concentrato o ripartito), per cui il momento in questione vale:

$$M_V = \beta \cdot N_V \cdot \frac{h}{2} \cdot \alpha$$

dove:

- β = coefficiente funzione dell'interasse verticale tra due ancoraggi consecutivi che assumono i seguenti valori:
 - 0.25 per ancoraggi su tutti i piani;
 - 0.50 per ancoraggi ogni due piani;
 - 1.0 per ancoraggi ogni tre piani;
 - 2.0 per ancoraggi ogni quattro piani;
 - 4.0 per ancoraggi ad interasse maggiore di quattro piani;
- Per ancoraggi posti ad interasse fisso d , il coefficiente β viene valutato in funzione del rapporto d/h ;
- N_v = azione del vento su un singolo modulo;
 - h = altezza del piano;
 - α = coefficiente pari a 1 per N_v considerato concentrato in mezzeria, e pari a 0,75 per N_v considerato ripartito.

Verifiche dei montanti

Come si nota dalle descrizioni del paragrafo precedente, i montanti del ponteggio sono soggetti a pressoflessione, per cui le relative verifiche vengono condotte in osservanza al punto 7.4. delle norme CNR-UNI 10011/88, sulla base delle azioni definite in precedenza. In particolare la verifica viene effettuata secondo la seguente procedura:

- a) individuazione del tratto di montante di maggiore lunghezza compreso tra due nodi successivi;
- b) individuazione della lunghezza libera di inflessione in base sia del coefficiente “ β ” sia della effettiva disposizione degli elementi del ponteggio:

$$l_0 = l \cdot \beta$$

con l = lunghezza dell'asta tra due nodi consecutivi;

- c) calcolo della snellezza dell'asta data da:

$$\lambda = \frac{l_0}{i}$$

con i = raggio di inerzia della sezione del montante;

- d) individuazione del coefficiente “ ω ” amplificativo del carico verticale (definito successivamente), in funzione sia del tipo di materiale che del coefficiente di snellezza “ λ ” ricavabili dalle tabelle 7-IIa, 7-IIIa, 7-IVa relative alla “curva a” della norma di cui sopra;

e) calcolo del carico critico di Eulero dato da:

$$N_{cr} = \frac{A \cdot E \cdot \pi^2}{\lambda^2}$$

dove: E = modulo elastico dell'acciaio; A = area della sezione;

- f) individuazione dei coefficienti “u” (coefficiente pari a 1,5 per 1° C.d.C. e 1,33 per 2° e 3° C.d.C.) e “Ψ” (coefficiente di parziale adattamento plastico assunto cautelativamente pari a 1);
- g) calcolo delle tensioni di esercizio per N, M e calcolo della tensione ideale nel montante, con la relazione:

$$\sigma_{id} = \frac{\omega \cdot N}{A} + \frac{M}{\psi \cdot W \cdot \left(1 - \frac{u \cdot N}{N_{cr}}\right)}$$

Dove:

- N = carico verticale di esercizio;
 - M = momento flettente di esercizio;
 - W = modulo di resistenza dell'asta;
 - A = area della sezione dell'asta;
- h) calcolo del rapporto N_{cr}/N per la verifica di sicurezza;
- i) calcolo della tensione sul terreno di posa con la relazione:

$$\sigma_{app} = \frac{N}{A_b}$$

dove A_b = area della superficie di appoggio della basetta.

Per quanto riguarda i montanti del ponteggio si precisa che qualora nella fase di definizione delle azioni esplicite sui montanti viene definito un carico di collasso N_c allora il coefficiente “ω” viene determinato in modo alternativo, secondo quanto indicato al punto 7.2.2.3.1. della norma CNR-UNI 10011/88, sulla base del carico di collasso e della tensione di snervamento del materiale, facendo uso del prospetto 7-1 relativamente alla curva a (profili tondi cavi), e i passi a-b-c sopra definiti vengono sostituiti dai seguenti:

f) si determina il rapporto $N_c/A \cdot f_{yd}$ con:

A = area della sezione; f_{yd} = tensione di snervamento dell'acciaio del tubo;

g) dalla tabella o dal grafico relativo alla curva a, si ricava il rapporto λ/λ_c ;

h) essendo $\lambda_c = \pi \cdot \sqrt{E/f_{yd}}$, si determina λ dell'asta, corrispondente alla situazione di vincolo reale.

Si procede quindi dal punto d.

Verifiche con presenza di montanti doppi

Nel caso in cui il ponteggio sia provvisto di doppi montanti, si ipotizza che le sollecitazioni risultanti (M e N) siano suddivise fra i due montanti, o meglio area e modulo di resistenza della sezione vengono raddoppiate. In tal modo la verifica può essere eseguita seguendo le stesse modalità precedenti.

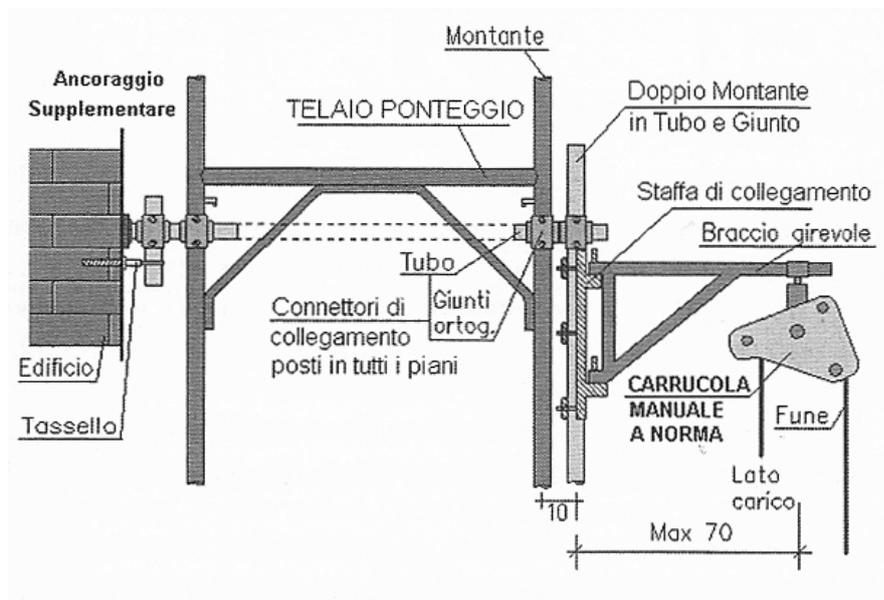


Figura 17 - Rappresentazione ponteggio metallico con doppi montanti
– Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

È evidente che affinché l'ipotesi fatta sussista è necessario che tra montante principale del ponteggio e doppio montante vi sia un valido ed efficace collegamento in grado di innescare il processo di collaborazione e trasferire al montante supplementare metà delle sollecitazioni.

Traversi del ponteggio

I traversi sono le aste che collegano trasversalmente i montanti e su esse grava il carico degli impalcati del ponteggio. La distanza massima tra due traversi consecutivi è di 1,20 m, è ammessa però una deroga fino a 1,80 m in casi specifici. Sono vincolati ai montanti per mezzo dei giunti ortogonali nel caso di ponteggi a tubi e giunti, ovvero sono saldate ai montanti nel caso di ponteggi a telai prefabbricati; lavorano esclusivamente a flessione e taglio.

Nei ponteggi a tubi e giunti, il traverso può prolungarsi dal lato interno del ponteggio realizzando uno sbalzo.

Azioni sui traversi

Il calcolo del carico lineare (daN/m) agente sul singolo traverso, per ciascuna condizione di carico, è dato da:

$$q = p_p + (p_r + q_s) \cdot i$$

dove:

- p_p = peso proprio del tubo;
- p_r = peso proprio dei ripiani;
- q_s = carico di servizio
- i = interasse longitudinale montanti (larghezza campo).

La soluzione del traverso è effettuata in base alla sua geometria (presenza o meno di sbalzo) e ai gradi di vincolo ad esso attribuiti, secondo le normali procedure della scienza delle costruzioni. In ogni caso per il traverso vengono determinati per ciascuna condizione di carico le seguenti azioni interne:

- momento massimo per larghezza di campo o campata (M_c);
- momenti negli appoggi (M_a);
- taglio negli appoggi (T);
- reazione dei due appoggi (R).

Verifica dei traversi

La verifica del traverso è effettuata sia nella sezione di appoggio che in campata, ed in particolare:

CAMPATA: viene effettuata una verifica a flessione con la relazione:

$$\sigma = M_c/W$$

dove:

W = modulo di resistenza del tubo;

APPOGGIO: viene effettuata la verifica a flessione con lo stesso metodo sopra visto, nonché la verifica a taglio con la relazione:

$$\tau = 3 \cdot T/A$$

dove A = area della sezione del tubo;

Quindi viene valutata la tensione ideale con la relazione (*von Mises*):

$$\sigma_{id} = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot \tau^2}$$

Infine, con riferimento alla massima reazione R presente in uno dei due appoggi, viene effettuata la verifica a scorrimento del giunto, al fine di accertarne il grado di sicurezza, con la relazione:

$$C. S. = SC_{amm}/R$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%).

Affinché la verifica sia soddisfatta, è necessario che il coefficiente di sicurezza non sia minore di 1,50; tale verifica deve essere effettuata solo per i ponteggi a tubi e giunti, o per i ponteggi a telai prefabbricate se interessati da aggetti strutturali in tubi e giunti.

Basette regolabili

La basetta regolabile in altezza è costituita da un tubo filettato che entra in modo coassiale nel montante ed è provvista oltre che della basetta di appoggio, di una apposita ghiera mobile, che girando attorno alla filettatura consente una regolazione in altezza dei montanti. Esse costituiscono particolari elementi del ponteggio che vengono collocati alla base dei montanti e consentono di superare particolari situazioni riconducibili al piano di appoggio.

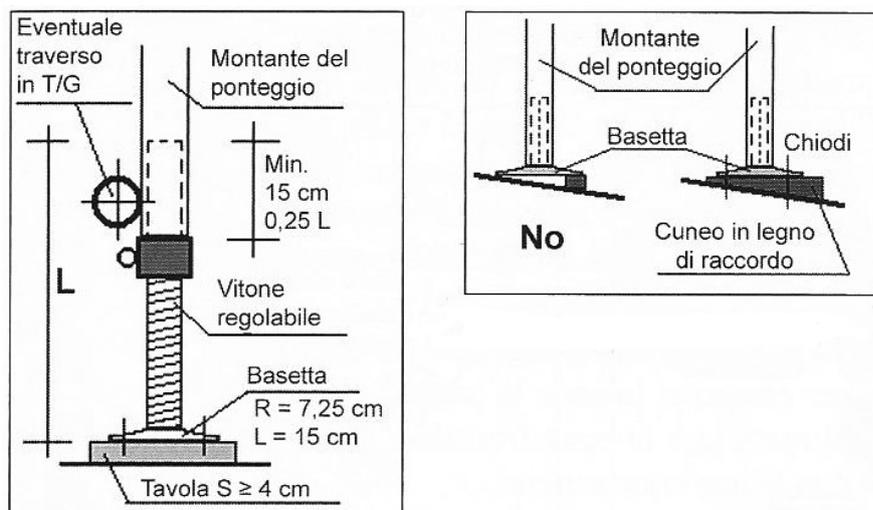


Figura 18 - Basetta regolabile su piano d'appoggio orizzontale e inclinato
- Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

La verifica di tali elementi deve considerare, oltre allo sforzo normale, i momenti parassiti che si innescano per effetto delle inclinazioni della basetta e del montante rispetto alla verticale. Tali giochi dipendono dalle dimensioni dei tubi che si innestano, dalla profondità dell'innesto e inoltre dall'effetto delle componenti orizzontali (vento e instabilità montanti), per cui seguono i seguenti calcoli:

Inclinazione basetta rispetto alla verticale (radianti):

$$\phi_1 = (d_{\text{int}} - d_f)/s$$

dove:

- d_{int} = diametro interno del montante del ponteggio;
- d_f = diametro esterno massimo della basetta regolabile;
- s = parte del vitone all'interno del montante (spinotto).

Inclinazione montante rispetto alla verticale (radianti):

$$\phi_2 = 0,01$$

valore rappresentativo delle imperfezioni geometriche.

Azioni sulla basetta regolabile

Definite le inclinazioni della basetta e quella del montante, il momento flettente agente vale:

$$M_a = N \cdot h \cdot (\phi_1 + \phi_2)$$

dove:

- N = sforzo normale massimo alla base del montante;
- h = altezza massima di regolazione della basetta.

Oltre a tale valore è opportuno considerare il momento flettente nella sezione di accoppiamento tra basetta e montante, valutato a favore della sicurezza con la seguente relazione:

$$M_b = 0,25 \cdot h \cdot (N_{v1} + N/100)$$

dove:

- N_{v1} = azione del vento sul modulo di base.

Verifica della basetta regolabile

Note le azioni la verifica da eseguire è la seguente:

$$\sigma = \frac{N}{A_{br}} + \frac{M_a + M_b}{W_{br}}$$

dove:

- A_{br} = area della sezione trasversale del tubo della basetta regolabile;
- W_{br} = modulo di resistenza della sezione trasversale del tubo della basetta regolabile.

In caso di presenza di basette regolabili è buona norma chiodare le basette alle tavole di ripartizione (spessore minimo di 4 cm) da collocare sotto le basette.

GLI ANCORAGGI

Gli ancoraggi sono elementi che rivestono un'importanza fondamentale nei ponteggi metallici, in quanto permettono di vincolarlo su parti dell'opera servita che devono essere sicuramente stabili. Tali elementi possono essere di quattro tipologie:

- Ancoraggio ad anello;
- Ancoraggio con vitone a contrasto;
- Ancoraggio a tassello;
- Ancoraggio a cravatta.

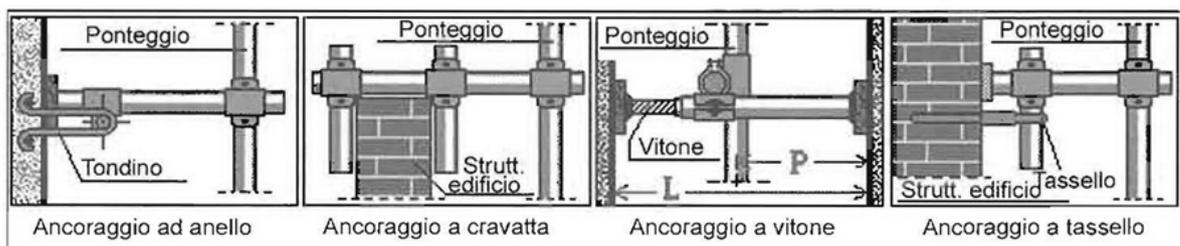


Figura 19 - Rappresentazione tipologie di ancoraggi
- Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

La loro azione è sempre ortogonale alla parete servita e considerata di trazione / compressione. Negli ancoraggi, la resistenza è affidata anche alla forza di scorrimento dei giunti utilizzati.

Azioni sugli ancoraggi

La forza (F_{anc}) che viene presa in considerazione per la verifica degli ancoraggi, per ciascuna delle condizioni di carico, è data dalla relazione:

$$F_{anc} = F_v + F_m$$

dove:

- F_v = trazione dovuta al vento nella zona servita dall'ancoraggio:

$$F_v = S_{fv} \cdot V$$

dove:

- S_{fv} = superficie frontale del ponteggio di competenza di ciascun ancoraggio, effettivamente investita dal vento, (sono da considerare superfici effettive quelle degli elementi strutturali, di eventuali teli, delle tavole ecc., posti sulla superficie prima definita);
 - V = azione del vento in servizio o fuori servizio, in base alla C.d.C.:
- F_m = trazione dovuta alla destabilizzazione delle stilate incluse nella zona servita dall'ancoraggio:

$$F_m = T_p \cdot m$$

dove:

- T_p = forza ottenuta per come indicato al punto 7.2.3.2.3. delle norme CNR UNI 10011/88 data da:

$$T_p = \frac{N_{mont.int.} + N_{mont.est.}}{100} \cdot \frac{\omega_{mont.int.} + \omega_{mont.est.}}{2}$$

m = numero di montanti compresi nell'interasse longitudinale tra due ancoraggi successivi.

Verifiche degli ancoraggi

Tutti gli ancoraggi previsti, vengono realizzati mediante l'impiego di tubi e giunti, per cui è necessario effettuare la verifica a scorrimento dei giunti, determinando il relativo coefficiente di sicurezza:

$$C.S. = n \cdot SC_{amm} / F_{anc} \geq 1,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti (1 o 2) previsti in fase di progetto;

- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del singolo giunto (frattile 5%).

Mentre per ogni singolo ancoraggio, la verifica alla tenuta è soddisfatta se il relativo coefficiente di sicurezza risulta:

$$C. S. = F_{amm}/F_{anc} \geq 2,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- F_{anc} = forza di tenuta del singolo ancoraggio;
- F_{amm} = forza di collasso dell'ancoraggio.

Inoltre, con riferimento alle singole tipologie di ancoraggio, vengono effettuate le seguenti ulteriori verifiche.

Ancoraggio ad anello

Viene realizzato con una legatura con tondino di ferro, per cui bisogna calcolare la tensione di lavoro " σ_{anc} " su tale tondino:

$$\sigma_{anc} = \frac{F_{anc}}{2 \cdot A_r} \leq \sigma_{amm}$$

dove:

- A_r = area resistente del tondino, funzione del diametro;
- σ_{amm} = tensione ammissibile del tondino.

Ancoraggio con vitone a contrasto

Viene realizzato con un tubo provvisto di vite, serrato a contrasto tra due parti stabili della struttura da servire. La verifica consiste nell'accertare che la tensione di lavoro del tubo sottoposto a pressoflessione sia compatibile con la tensione ammissibile del tubo stesso. Pertanto, con riferimento alla figura a fianco, si ha:

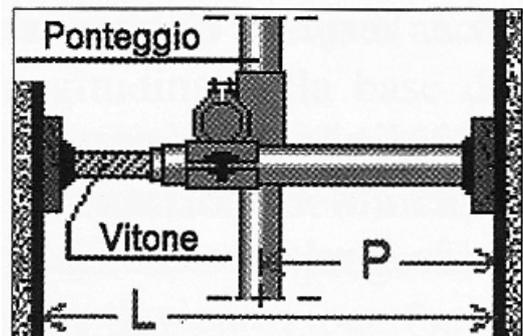


Figura 20 - Ancoraggio vitone a contrasto

- Ponteggi: progetto, verifica, disegni
di Michele Sanginisi

$$T = F_{anc} \cdot (L - P)/L$$

$$M = T \cdot p$$

Nelle formule “P” rappresenta la distanza minore tra del punto di ancoraggio al vitone rispetto ai vincoli di estremità. Affinché il vitone possa mantenersi in equilibrio è necessario che esso sia adeguatamente serrato mediante l'apposita vite, per cui esso sarà soggetto ad uno sforzo normale “N” che, con un buon margine di sicurezza viene posto pari a “T”, ovvero:

$$N = T$$

Il tubo a contrasto viene verificato quindi a pressoflessione e per la verifica si devono seguire i passi da a) sino ad h) previsti per la verifica dei montanti precedentemente definiti nel relativo paragrafo.

Ancoraggio a tassello

Viene realizzato mediante l'apposizione in una parte sicuramente stabile della struttura servita, di tasselli meccanici o chimici, per cui bisogna verificare che:

$$F_{\text{tassello}}/F_{\text{anc}} \geq 2,20$$

dove:

- F_{tassello} = trazione ammissibile per il tassello, dipendente dal tipo di tassello, dalla lunghezza del tassello e dal supporto ove esso è posto;
- F_{anc} = forza di trazione sull'ancoraggio.

In merito al predetto tipo di ancoraggio, le ditte produttrici forniscono i valori ammissibili di trazione in funzione dei parametri prima definiti.

Ancoraggio a cravatta

Viene effettuata la sola verifica a scorrimento dei giunti indicata precedentemente, in quanto non sono necessarie ulteriori verifiche di tenuta, ma è necessario assicurarsi della stabilità della zona dove l'ancoraggio viene posato.

PIANI DI CALPESTIO DEL PONTEGGIO IN LEGNO E METALLO

I piani di calpestio hanno la funzione di assorbire le forze agenti direttamente sugli impalcati, carichi di servizio previsti e peso proprio, e di trasferirli alla struttura del ponteggio per mezzo dei traversi. I ripiani possono essere in legno o metallo e sono sollecitati principalmente a flessione.

Azioni sui ripiani del ponteggio

Per ciascuna delle condizioni di carico previste in fase di progetto, la verifica viene condotta per il carico ripartito più penalizzante tra carico di servizio e neve, al quale viene aggiunto il peso proprio dell'impalcato. Inoltre per i ripiani è prevista una verifica particolare prevedendo un carico concentrato in mezzzeria, per cui le azioni possono così essere riassunte:

CARICO RIPARTITO: il momento flettente (M_{rip}) per effetto del carico ripartito “q” vale:

$$M_{rip} = 1/8 \cdot q \cdot l^2$$

dove:

- l = interasse longitudinale tra le due stilate (posizione dei traversi);
- q = valore massimo tra carico di servizio e carico neve.

CARICO CONCENTRATO: il momento flettente (M_c) per effetto del carico concentrato “F” vale:

$$M_c = \frac{F}{2} \cdot \frac{l}{2} = \frac{F \cdot l}{4}$$

dove:

- l = interasse longitudinale tra le due stilate (posizione dei traversi);
- F = forza agente sulla lunghezza di un ripiano.

Verifiche dei ripiani del ponteggio

Le verifiche per le due tipologie di ripiani viene effettuata come di seguito:

RIPIANI IN LEGNO

$$\sigma_{rip} = M_{rip}/W \qquad \sigma_c = M_c/W'$$

dove:

- σ = stato tensionale rispettivamente per le forze e ripartita e concentrata;
- M = momento flettente rispettivamente per le forze ripartita e concentrata;
- W = modulo di resistenza per larghezza di 1 m dell'impalcato;
- W' = modulo di resistenza della singola tavola – (30 x 4) cm o (25 x 5) cm.

RIPIANI IN METALLO

$$\sigma_{rip} = M_{rip}/W \qquad \sigma_c = M_c/W''$$

dove:

- σ = tensione di lavoro rispettivamente per le forze ripartita e concentrata;
- M = momento flettente rispettivamente per le forze ripartita e concentrata;
- W = modulo di resistenza per larghezza di 1 m dell'impalcato;
- W'' = modulo di resistenza del singolo ripiano avente solitamente larghezza di 0,5 m, essendo $W'' = W/2$.

La verifica dei ripiani del ponteggio risulta positiva se le tensioni di lavoro risultano inferiori alle rispettive tensioni ammissibili “ σ_{amm} ” definite dei criteri di progetto. Nel caso dei ripiani metallici, viene effettuata anche una verifica di sollecitazione a taglio dei ganci di appoggio sul trasverso, come in figura:

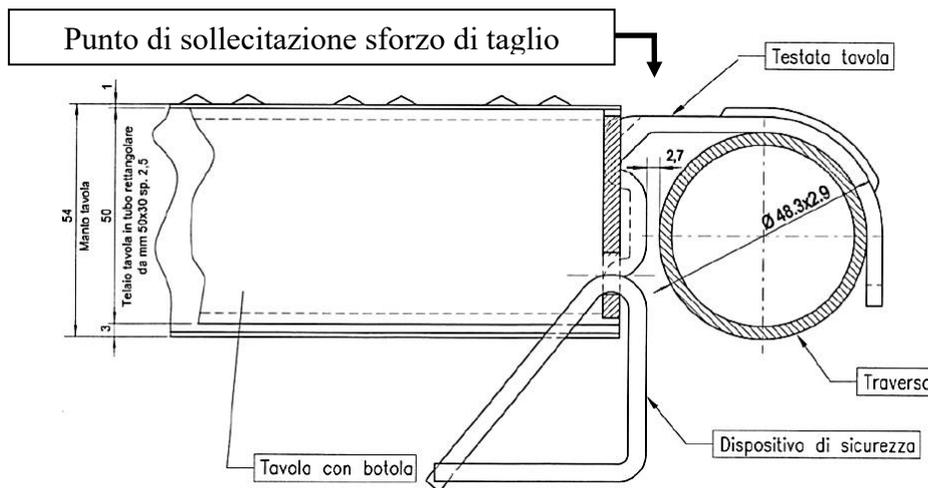


Figura 21 – Sezione di collegamento tra ripiano metallico e trasverso

– Marcegaglia, <http://www.marcegaglia.com/ponteggi/>

Tale verifica di calcolo determina il coefficiente di sicurezza:

$$C. S. = T_{cr}/T_{max} \geq 2,20$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza;
- T_{cr} = forza di taglio che determina il collasso del ripiano metallico in corrispondenza dei ganci di appoggio;
- T_{max} = forza di taglio massima presente nell'appoggio del ripiano metallico.

Il valore T_{cr} deve essere ricercato nel libretto di autorizzazione ministeriale dei ripiani metallici in uso; esso può comparire anche sotto forma diversa, ovvero come carico massimo di collasso del singolo pannello.

ELEMENTI ESSENZIALI PER L'ADATTAMENTO ALL'OPERA SERVITA

Aste singole o sfuse

Occorre anche considerare che nei ponteggi possiamo trovare elementi particolari che non è possibile verificare come nei casi precedenti, essi possono essere identificati con il nome di aste singole o sfuse. Dunque occorre considerare le caratteristiche geometriche, i coefficienti e le azioni imposte dai vari carichi su questi elementi nel modo seguente.

Azioni sulle aste singole

Per ciascuna delle tre aste che normalmente rientrano nella verifica per le aste singole (correntino passamano, diagonaline di facciata e in pianta), è necessario valutare le azioni esterne di sforzo normale di compressione e momento flettente che sollecitano l'asta. Qualora per l'asta da verificare si conosca a priori il carico di collasso, è possibile utilizzarlo nel calcolo di verifica per risalire in modo diretto al coefficiente “ ω ” necessario per la verifica a carico di punta. Se il predetto carico di collasso è nullo, allora il coefficiente “ ω ” può essere determinato in base alla geometria dell'asta ed al tipo di materiale.

Verifica delle aste singole

La verifica delle aste singole viene effettuata con lo stesso procedimento utilizzato per i montanti del ponteggio, come riportato precedentemente. Però a differenza dei montanti, per le aste singole, una delle due sollecitazioni (sforzo normale e momento flettente) può essere nulla senza che ciò possa inficiare il processo di verifica descritto.

Asta composta o calastrellata

Può capitare di trovarsi a dover verificare anche aste composte, ovvero costituite da quattro tubi posti ai vertici di un quadrato collegati tra loro da tubi e giunti secondo lo schema riportato nella seguente figura.

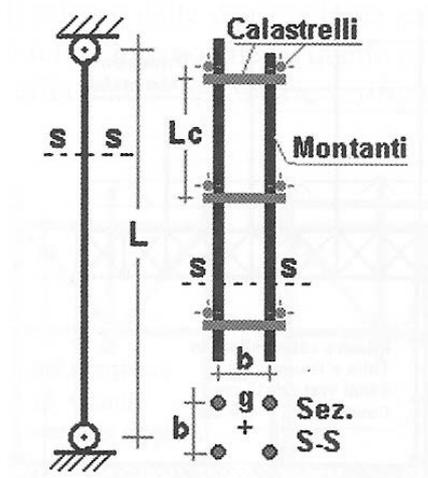


Figura 22 - Schema dell'asta composta o calastrellata
 – Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Per verificare questa conformazione di aste calastrellate occorre definire anche la larghezza dell'asta composta (valore “b” in figura) e l'interasse tra i collegamenti trasversali e longitudinali o calastrelli (valore “L” in figura), ed in tal caso si deve quindi calcolare la snellezza equivalente dell'intero elemento dell'asta composta, secondo la seguente relazione¹²:

$$\lambda_{eq} = \sqrt{\lambda_x^2 + \lambda_1^2}$$

dove:

- λ_x = snellezza minima dell'intera asta composta uguale nelle due direzioni x principali;
- λ_1 = snellezza minima del singolo tubo nell'interasse tra due calastrelli consecutivi, uguale in tutte le direzioni.

Nota la snellezza equivalente la verifica viene condotta secondo gli stessi criteri già riportati in precedenza per la verifica dei montanti.

La necessità di verificare un'asta di tale tipo è tutt'altro che rara, in quanto spesso si verificano circostanze particolari nella quale nasce l'esigenza di dovere realizzare pilastri con altezze superiori a 3-4 metri che non è possibile controventare in modo adeguato, con carichi notevoli come a esempio passi carrai ampi e ravvicinati, nei quali non è realizzabile il montaggio a singolo o doppio tubo, per cui diventa necessario adottare una soluzione a pilastro con elemento calastrellato.

¹² Punto 7.2.3.4.2. della norma CNR-UNI 10011/88.

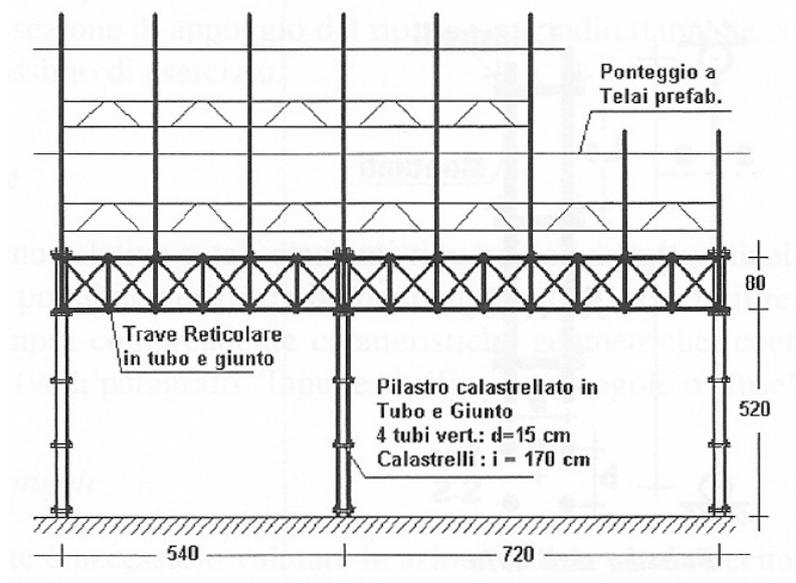


Figura 23 - Passo carraio con adozione di aste calastrellate
 – Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Passo carraio

Il passo carraio previsto per il ponteggio è di tipo a tubi e giunti, pertanto qualora il ponteggio ne richiedesse il suo inserimento si individuerebbero i seguenti elementi costitutivi:

- **MONTANTI:** elemento verticale in grado di assorbire le azioni della stilata sospesa e lavora a presso-flessione (carico di punta);
- **DIAGONALI:** elementi atti a trasferire l'azione del montante sospeso ai montanti laterali e lavorano a tenso-flessione;
- **CORRENTE:** elemento orizzontale posto in testa alle diagonali, che lavora a presso-flessione.

Il passo carraio può essere di due tipologie:

- **ANCORATO AL PONTEGGIO:** l'azione della stilata sospesa viene trasferita ai montanti del ponteggio adiacenti (semplici o doppi). È utilizzato per ponteggi di modeste dimensioni e/o con carichi bassi;
- **CON MONTANTI AUTONOMI:** l'azione della stilata sospesa viene trasferita a montanti supplementari affiancati ai montanti laterali. È utilizzato per ponteggi alti e/o con carichi elevati.

Tutti gli elementi in questione sono collegati mediante giunti ortogonali o girevoli, che possono essere semplici o doppi, tali da assorbire gli sforzi di scorrimento.

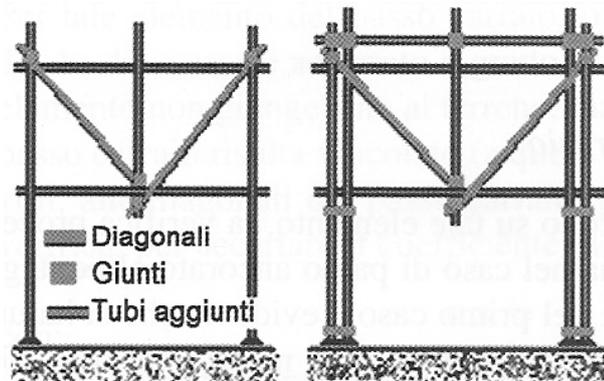


Figura 24 - Schema passo carraio ancorato al ponteggio e con montanti autonomi
 – Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Azioni sugli elementi del passo carraio

Le azioni sulle membrature del passo carraio sono le seguenti:

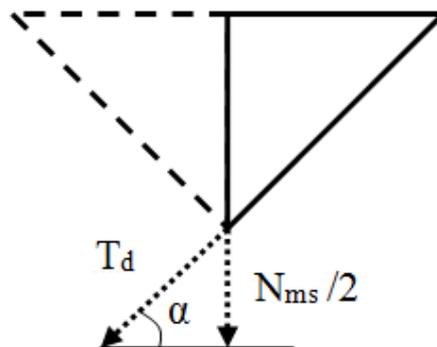


Figura 25 - Schema disposizione delle azioni

Diagonale:	$T_d = N_{ms}/(2 \cdot \text{sen}\alpha)$	$M_d = T_d \cdot e$
Corrente superiore:	$N_c = T_d \cdot \text{cos}\alpha$	$M_c = N_c \cdot e$
Montante passo carraio:	$N_m = N + N_{ms}/2$	$M_m = M^*$

dove:

- α = inclinazione della diagonale rispetto al corrente;
- T_d, M_d = forza di trazione e momento flettente sulla diagonale;

- N_{ms} = sforzo normale nel montante sospeso;
- e = eccentricità fittizia per gli elementi del passo carraio;
- N_c, M_c = forza di compressione e momento flettente sul corrente superiore;
- N_m, M_m = forza di compressione e momento flettente sui montanti;
- N, M = azioni montanti adiacenti a quello sospeso. Tali azioni assumono valore nullo nel caso dispone di appositi montanti supplementari;
- M^* = momento flettente pari al valore massimo tra:
 - M^* = momento flettente massimo presente nel ponteggio, eventualmente maggiorato per la presenza delle basette regolabili in presenza di partenza di adattamento o di rientro;
 - $M^* = N_m \cdot e \cdot C$ (con C = coefficiente di combinazione del momento definito nei criteri di progetto).

L'individuazione delle predette sollecitazioni viene eseguita per tutte le condizioni di carico previste. Nel caso in cui il ponteggio sia provvisto anche della partenza rientrata e/o del doppio montante, in accoppiamento con il passo carraio, le azioni sopra individuate e le verifiche conseguenti tengono conto della presenza di tali elementi, sia per la geometria che per le azioni.

Verifica dei montanti del passo carraio

Una volta individuate le azioni che agiscono su tale elemento, la verifica procede come per i montanti del ponteggio visto in precedenza, sia nel caso di passo carraio ancorato al ponteggio sia di passo carraio con montanti autonomi: nel primo caso è evidente che si ha un aggravio dello stato tensionale del montante del ponteggio, mentre nel secondo caso le azioni del montante interrotto sono trasferite ai montanti supplementari, per cui i montanti del ponteggio non subiscono alcun aggravio tensionale.

Verifica diagonale del passo carraio

Sono elementi soggetti a tensoflessione, da verificare con la relazione:

$$\sigma_{id} = \frac{T_d}{A} + \frac{M_d}{W}$$

dove:

- A = area della sezione della diagonale;
- W = modulo di resistenza della diagonale.

Inoltre viene effettuata la verifica a scorrimento del giunto, al fine di accertarne il grado di sicurezza, con la relazione:

$$C. S. = n \cdot SC_{amm} / T_d \geq 1,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%);
- T_d = forza di trazione.

Verifica corrente superiore del passo carraio

È un elemento soggetto a pressoflessione e la verifica è condotta con lo stesso procedimento previsto per i montanti del ponteggio sopra descritto, secondo il procedimento indicato tra i punti a) ed h).

Verifica del montante sospeso

Per tale elemento del passo carraio, oltre alle verifiche previste per gli elementi che lo compongono riportate nei paragrafi precedenti in particolare per i montanti, deve essere anche accertato il grado di resistenza allo scorrimento in quanto tale elemento non giunge sino al terreno, ma essendo interrotto per la realizzazione del passo carraio risulta vincolato (a quota del primo impalcato) con due giunti girevoli, alle diagonali del passo carraio. Dunque è necessaria la seguente ulteriore verifica, per accertare il coefficiente di sicurezza allo sfilamento:

$$C. S. = n \cdot SC_{amm} / N_{max}$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%);
- N_{max} = massimo sforzo assiale presente nel montante per le condizioni di carico previste.

Tale verifica viene eseguita sia sul montante sospeso interno sia su quello esterno.

Partenza rientrata o di adattamento, in tubi e giunti

La partenza rientrata del ponteggio consiste in una particolare disposizione dei tubi da utilizzare ad esempio in strade strette in cui è necessario ridurre al minimo lo spazio occupato dal ponteggio.

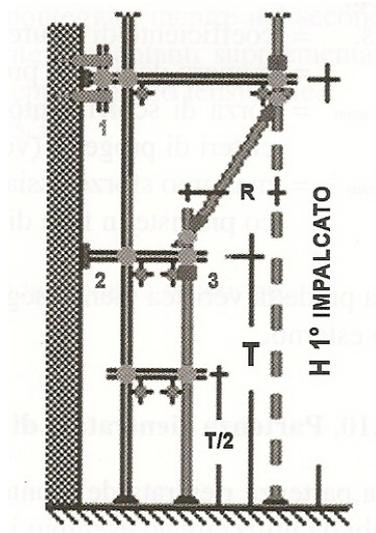


Figura 26 - Schema partenza rientrata

– Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

La struttura in questione deve essere realizzata con particolare cura, proprio perché la stabilità dell'intero ponteggio dipende da essa. Infatti a seguito del rientro del montante esterno del ponteggio, si innesca un momento che deve essere equilibrato in tutte le stilate dai due traversi orizzontali che devono essere ancorati all'opera servita in zone portanti sicuramente stabili (pilastri e travi in c.a.). La partenza rientrata è strutturata per essere realizzata nello spazio tra il terreno ed il primo impalcato, con tubi collegati da giunti ortogonali o girevoli. Può essere provvista di montanti doppi e, per contrastare gli sforzi di sfilamento, può avere giunti semplici doppi o tripli. L'ancoraggio a trazione da realizzare sull'opera servita è preferibile venga realizzato con specifici tasselli per ponteggi dei quali si conoscono le forze di estrazione dichiarate dai costruttori.

Tale configurazione del ponteggio, qualora necessario, può essere trasformata in una “partenza di adattamento” in tubi e giunti, e ciò può essere ottenuto inserendo valore nullo al parametro relativo al rientro del montante esterno ($R = 0$). La partenza di adattamento in tubi e giunti viene utilizzata per risolvere particolari problematiche connesse con il piano di appoggio (terreno a gradoni o con accentuata pendenza etc.). In presenza della partenza di adattamento, non avendo i problemi di stabilità nel ponteggio come nel caso della partenza rientrata, le verifiche si

semplificano molto e si limitano solo a quelle relative ai montanti interno ed esterno della parte di struttura in tubi e giunti.

Azioni sugli elementi della partenza rientrata

Con riferimento ai simboli della precedente figura, le azioni nelle aste sono le seguenti:

PUNTONE INCLINATO:	$N_p = N_{me} / \cos\alpha$	$M_p = M^*$
TRAVERSO TESO:	$N_{tt} = (N_{me} \cdot R) / (H_1 - T)$	$M_{tt} = N_{tt} \cdot e \cdot c$
TRAVERSO COMPR. INF.:	$N_{tc} = (N_{me} \cdot R) / (H_1 - T)$	$M_{tc} = N_{tc} \cdot e \cdot c$

dove:

- α = inclinazione del puntone inclinato rispetto la verticale;
- e = eccentricità fittizia per gli elementi del rientro;
- N_p = sforzo normale presente sul puntone inclinato;
- M^* = momento flettente pari al valore massimo tra:
 - M^* = momento flettente massimo presente nel ponteggio;
 - $M^* = N_p \cdot e \cdot C$ (con C = coefficiente di combinazione del momento definito nei criteri di progetto);
- N_{tt}, M_{tt} = forza di trazione e momento flettente sul traverso superiore;
- N_{tc}, M_{tc} = forza di compressione e momento flettente sul traverso inferiore;
- N_{me} = carico assiale sul montante esterno del ponteggio;
- R = distanza tra montante esterno e montante rientrato;
- H_1 = quota del primo impalcato;
- T = quota del traverso compresso;
- C = coefficiente di combinazione del momento definito nei criteri di progetto.

L'individuazione delle sollecitazioni sopra riportate deve essere eseguita per tutte le condizioni di carico previste. Nel caso in cui il ponteggio sia provvisto anche del passo carraio e/o del doppio montante, in accoppiamento con la partenza rientrata o di adattamento, le azioni e le verifiche conseguenti tengono conto della presenza di tali elementi.

Verifica del puntone inclinato della partenza rientrata

Una volta individuate le azioni che agiscono su tale elemento e l'effettiva lunghezza, la verifica procede come per i montanti del ponteggio: attribuendo al coefficiente¹³ β (lunghezza libera di inflessione) il tipo di partenza rientrata o di adattamento.

Inoltre viene effettuata la verifica a scorrimento del giunto, al fine di accertarne il grado di sicurezza, con la relazione:

$$C. S. = n \cdot SC_{amm}/N_p \geq 1,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%).

Quest'ultima verifica viene effettuata anche per il montante del ponteggio sostituendo al valore " N_p " il valore " N_{me} ", a seguito della interruzione del montante esterno del ponteggio.

Verifica traverso teso superiore e relativo ancoraggio

L'asta è soggetta a tensoflessione, per cui si procede con la relazione:

$$S_{id} = \frac{N_{tt}}{A} + \frac{M_{tt}}{W}$$

dove:

- A = area della sezione del traverso;
- W = modulo di resistenza del traverso;
- N_{tt} , M_{tt} = forza di trazione e momento flettente sul traverso superiore.

Inoltre viene effettuata la verifica a scorrimento del giunto, al fine di accertarne il grado di sicurezza, con la relazione:

$$C. S. = n \cdot SC_{amm}/N_{tt} \geq 1,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%);
- N_{tt} = forza di trazione sul traverso superiore.

¹³ Punto 7.2.2.1. della norma CNR-UNI 10011/88.

Infine deve essere effettuata la verifica di resistenza o di tenuta dell'ancoraggio, con la relazione:

$$C. S. = n \cdot T_{anc}/N_{tt} \geq 2,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti (1 o 2);
- T_{anc} = forza di trazione dell'ancoraggio relativo alla partenza rientrata;
- N_{tt} = forza di trazione sul traverso superiore.

Verifica traverso compresso inferiore

L'asta è soggetta a pressoflessione, per cui individuata la lunghezza più penalizzante, la verifica procede come per i montanti del ponteggio, assumendo come coefficiente β quello relativo alla partenza rientrata.

Inoltre viene effettuata la verifica a scorrimento del giunto, al fine di accertarne il grado di sicurezza, con la relazione:

$$C. S. = n \cdot SC_{amm}/N_{tc} \geq 1,50$$

dove:

- C.S. = coefficiente di sicurezza ricercato;
- n = numero dei giunti previsti;
- SC_{amm} = forza di scorrimento massima del giunto (frattile 5%);
- N_{tc} = forza di compressione sul traverso inferiore.

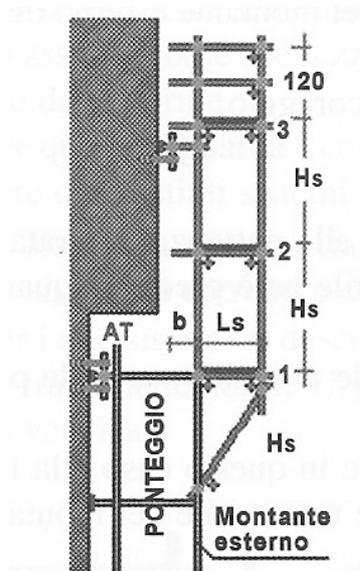
Verifica dei montanti interno ed esterno

La verifica dei montanti interno ed esterno della partenza rientrata o di adattamento viene effettuata con riferimento alle azioni massime di sforzo normale e momento flettente presenti nel ponteggio. Per quanto riguarda il momento flettente vale lo stesso criterio adottato per il puntone inclinato della partenza rientrat.

Sbalzo sommitale in tubi e giunti

Lo sbalzo sommitale è una struttura interamente in tubi e giunti che può essere posta in testa al ponteggio. Esso ha uno schema a sbalzo e tale che, tutto il peso della struttura aggiunta (peso

proprio e di servizio), grava interamente sul montante esterno del ponteggio sollecitandolo a compressione.



*Figura 27 - Schema sbalzo sommitale in tubi e giunti
 – Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi*

Come per la partenza rientrata, la stabilità al ribaltamento dello sbalzo sommitale deve essere contrastata mediante due ancoraggi (quello più alto che lavora a trazione e quello più basso che lavora a compressione).

Sugli elementi dello sbalzo sommitale non vengono eseguite specifiche verifiche in quanto implicitamente incluse in quelle del ponteggio. Le uniche verifiche che vengono eseguite sono limitate agli elementi di raccordo con il ponteggio e agli ancoraggi che controllano la stabilità della struttura aggiunta ed in particolare:

- verifica del puntone inclinato, e dello scorrimento del montante esterno dello sbalzo sommitale;
- verifica del traverso teso superiore e del relativo ancoraggio;
- verifica del traverso compresso inferiore.

Per tali verifiche si fa riferimento a quelle relative alla partenza rientrata in quanto concettualmente uguali. Si fa presente infine che l'altezza complessiva dello sbalzo sommitale deve essere contenuta a quella strettamente necessaria per i problemi di stabilità definiti in precedenza.

NOTE SUI METODI DI CALCOLO

Definite le azioni e le verifiche relative alle singole membrature del ponteggio, è necessario chiarire ora alcuni aspetti riguardanti le caratteristiche di resistenza del tubo, sul coefficiente di forma, sulla validità della relazione di Eulero, sul metodo omega, sul coefficiente di vincolo, sui sistemi di controvento e sul serraggio dei giunti.

Le caratteristiche di resistenza

Le caratteristiche del tubo (area resistente A , modulo di resistenza W , momento di inerzia J , raggio di inerzia i , e peso lineare P) sono espresse dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}A &= \pi \cdot (D^2 - d^2)/4 \\W &= \pi \cdot (D^4 - d^4)/(32 \cdot d) \\J &= \pi \cdot (D^4 - d^4)/64 \\i &= \sqrt{J/A} \\P &= A \cdot p_s\end{aligned}$$

dove:

- π = numero fisso pari a 3,14;
- D = diametro esterno del tubo;
- d = diametro interno del tubo;
- p_s = peso specifico del materiale costituente il tubo.

Le formule precedenti determinano le entità per la sezione teorica del tubo, ma in realtà il tubo può presentare una certa usura che in pratica si traduce in una riduzione delle caratteristiche sopra definite. E' necessario tenere conto di tale aspetto, ovvero è possibile definire percentuali medie di usura alle quali corrisponde una riduzione dello spessore del tubo. Tale riduzione dello spessore della parete del tubo comporta conseguentemente una riduzione delle caratteristiche del tubo. Per un grado di usura superiore al 10%, l'elemento non può più essere utilizzato.

Usura media del tubo	Riduzione dello spessore del tubo
Tubi nuovi	Nessuna riduzione
Usura bassa	Riduzione del 2%
Usura media	Riduzione del 5%
Usura alta	Riduzione del 10%

Tabella 6 - Percentuale usura tubi - Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi

Il coefficiente di adattamento plastico

Il coefficiente “ ψ ” è un fattore chiamato anche “coefficiente di forma” in quanto funzione anche della forma della sezione, che entra in gioco nella verifica a flessione, ed è un coefficiente maggiorativo del modulo di resistenza che viene assunto maggiore di 1 qualora si voglia prendere in considerazione il contributo di un parziale adattamento plastico della sezione.

Secondo la norma tecnica italiana tale coefficiente può essere determinato dalla condizione secondo la quale un’asta semplicemente appoggiata, per effetto del momento M e successivamente rilasciata, presenti una freccia residua non superiore a 1/1000 della luce.

Dunque:

$$M = \psi \cdot f_y \cdot W$$

dove:

- W = modulo di resistenza della sezione;
- f_y = tensione di snervamento del materiale.

Nella pratica, per la sezione circolare cava tale coefficiente può portare un miglioramento del 8-10% del modulo di resistenza della sezione, ma considerato che la struttura dei ponteggi è costituita da elementi riutilizzabili, con lievi difetti (piccole ammaccature e/o deformazioni), nelle verifiche sopra riportate tale coefficiente è posto sempre pari ad 1, in quanto si ritiene di procedere cautelativamente, riservando il contributo della plasticità come una riserva di energia.

La relazione di Eulero

Nella relazione della verifica a flessione, in presenza di compressione si considera il rapporto “ N/N_{cr} ” cioè il rapporto tra carico di esercizio e carico critico di Eulero. Il carico critico di Eulero è dato dalla relazione:

$$N_{cr} = A \cdot \pi^2 \cdot E / \lambda^2$$

Dividendo entrambi i membri per A (area della sezione), si ricava la tensione critica di Eulero “ σ_{cr} ”, ovvero:

$$\sigma_{cr} = \pi^2 \cdot E / \lambda^2 \quad \text{con} \quad \sigma_{cr} = N_{cr} / A$$

dove

- E = modulo elastico dell'acciaio;
- $\lambda = (l \cdot \beta / i)$, snellezza dell’asta, dove l = lunghezza reale dell’asta, β = coefficiente di vincolo, i = raggio di inerzia minimo della sezione;

- π = numero fisso pari a 3,14.

La relazione di “ σ_{cr} ”, che nel piano ($\sigma_{cr} - \lambda$) è rappresentata da una iperbole, conserva la sua validità sino a quando il materiale resta in campo elastico ovvero fino a quando la tensione critica è non maggiore della tensione di snervamento del materiale ($\sigma_{cr} \leq f_y$).

In particolare operando le opportune sostituzioni, per la validità della relazione di Eulero deve essere:

$$\lambda \leq \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}}$$

e per i tre tipi di acciaio, assumendo $E = 2060000 \text{ daN/cm}^2$ si ricava:

- acciaio Fe360 ($f_y = 2350 \text{ daN/cm}^2$): $\lambda = 93$;
- acciaio Fe430 ($f_y = 2750 \text{ daN/cm}^2$): $\lambda = 86$;
- acciaio Fe510 ($f_y = 3550 \text{ daN/cm}^2$): $\lambda = 76$.

Nel caso in cui “ λ ” per ciascun tipo di materiale è inferiore al limite sopra indicato, si è in presenza di aste tozze, l'instabilità si manifesta in campo plastico e la relazione di Eulero perde la sua validità ed entrano in gioco altre teorie basate su formulazioni empiriche.

Nel caso dei ponteggi metallici si è in presenza di aste molto snelle ed il problema precedente si verifica raramente, mentre spesso sorge il problema inverso, ovvero di contenere il coefficiente entro i limiti imposti dalla normativa (aste principali $\lambda \leq 200$; aste secondarie $\lambda \leq 250$).

Infine in merito al carico critico di Eulero si ribadisce che esso costituisce un limite superiore raramente raggiungibile, perché le ipotesi di base (asta rettilinea, sezione costante, assenza di eccentricità, materiale omogeneo e perfettamente elastico) sono puramente teoriche, per cui il carico critico effettivo dell'asta è raggiunto prima di arrivare al valore di Eulero. Per tale motivo la verifica di stabilità viene effettuata con la relazione:

$$C. S. = N_{cr}/N$$

Il coefficiente “C.S.”, secondo la normativa italiana ed il metodo delle tensioni ammissibili, deve essere non inferiore a 1,50, mentre per le verifiche di sicurezza delle varie membrature dei ponteggi assume valori più cautelativi: 2,50 per i montanti e 2,20 per i controventi.

Il carico di collasso

A differenza del carico critico di Eulero, che risulta un valore teorico, il carico di collasso di un elemento deriva da una sperimentazione diretta (prove di carico fino a rottura), e costituisce il valore del carico assiale a partire dal quale le deformazioni dell'asta proseguono anche se si mantiene il carico costante. Solo nel caso di uno schema geometrico del ponteggio perfettamente uguale al prototipo da cui è stato ricavato il carico di collasso, è possibile utilizzare i carichi di collasso riportati nei libretti.

Considerato che il carico di Eulero è sempre superiore al carico di collasso, qualora non si intende utilizzare il carico di collasso dei montanti riportato nel libretto, è bene fare in modo che il carico di Eulero sia mantenuto entro valori più attendibili di quello teorico e ciò viene ottenuto inserendo un coefficiente di vincolo superiore all'unità.

I carichi di collasso dei montanti dei ponteggi, riportati nei libretti di autorizzazione ministeriale, presentano una notevole variabilità (da 2500 daN a 6000 daN). Tale variabilità risulta immotivata se si pensa che i ponteggi a telai prefabbricati presentano caratteristiche estetiche simili, ma nella realtà vi è una logica spiegazione. A parità della qualità del materiale componente il ponteggio, della disposizione degli ancoraggi e delle dimensioni, la mutevolezza è da ricondurre ai seguenti aspetti:

- nei ponteggi a telai le dimensioni delle aste secondarie spesso presentano lievi variazioni dimensionali in diametro o spessore;
- la disposizione dei sistemi di controventatura presenta una notevole variabilità nella disposizione degli elementi, determinando schemi statici diversi che producono carichi di collasso diversi;
- i collegamenti tra le varie parti del ponteggio prefabbricato, per potere essere assemblati presentano delle tolleranze dimensionali che creano dei giochi sia nei singoli elementi che nell'intera struttura;
- le tipologie dei collegamenti tra aste principali e secondarie possono essere realizzate in vari modi (a boccole, a perni etc.), circostanza che determina una flessibilità del collegamento.

È ovvio quindi che la combinazione di tutti gli aspetti sopra citati determinano la sensibile variabilità dei carichi di collasso delle varie membrature che compongono il ponteggio prefabbricato.

Per tutti i motivi esposti in precedenza, dunque è assolutamente indispensabile nella fase di montaggio rispettare in modo scrupoloso la disposizione degli elementi prevista dal costruttore e

riportata nel libretto di autorizzazione ministeriale, in quanto il rispetto della disposizione geometrica dei vari elementi garantisce il rispetto dei carichi di collasso e di conseguenza del grado di sicurezza previsto dal fabbricante.

Aste caricate di punta: metodo omega

Le aste in acciaio sono elementi dotati di notevole flessibilità, infatti sottoponendo un'asta snella in acciaio ad un carico di compressione, va in crisi di instabilità molto prima del raggiungimento del carico teorico ($N = \sigma \cdot A$). A parità di sezione, il carico “N” che porta alla instabilità dell'asta cresce al decrescere della lunghezza dell'asta.

In particolare al crescere di “N”, sino a quando l'asta si mantiene rettilinea si è in presenza di equilibrio stabile e l'asta è soggetta a compressione semplice; nel momento in cui l'asta si deforma, l'equilibrio diventa instabile per la presenza dell'inflessione laterale accompagnata da un momento flettente.

Il fenomeno delle aste caricate di punta, è pertanto dovuto sia alla snellezza dell'asta che ad altri fenomeni (eccentricità, non perfetta assialità dell'asta, tipo e qualità del materiale) ed esso deve essere controllato per tutelarsi da possibili rotture improvvise per instabilità laterale.

Nella norma CNR-UNI 10011/88, al punto 7.2.2.4. si prevede che nella verifica a compressione il carico di esercizio “N” debba essere moltiplicato per un coefficiente maggiorativo “ ω ” in funzione della snellezza dell'asta “ λ ” ed al tipo di materiale che compone l'asta, al fine di tutelarsi da possibili sbandamenti dell'asta (ovvero che la tensione di esercizio sia inferiore della tensione di rottura).

I coefficienti “ ω ” sono tabellati in funzione sia del tipo di materiale, della forma della sezione e della snellezza dell'asta, per cui la verifica a compressione va effettuata con la relazione:

$$\sigma = \frac{\omega \cdot N}{A}$$

dove:

- N = carico di compressione sull'asta;
- A = area della sezione resistente;
- ω = coefficiente il cui valore è ottenuto tramite le tabelle riportate nel seguito.

Prospetto 7-IIa — Coefficienti ω per acciaio Fe 360 (curva a)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10
20	1,00	1,01	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	20
30	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	30
40	1,06	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	40
50	1,10	1,11	1,11	1,12	1,12	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	50
60	1,16	1,16	1,17	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	60
70	1,22	1,23	1,24	1,24	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,29	70
80	1,31	1,32	1,33	1,34	1,36	1,37	1,38	1,40	1,41	1,42	80
90	1,44	1,45	1,47	1,48	1,50	1,52	1,53	1,55	1,57	1,59	90
100	1,61	1,63	1,65	1,67	1,69	1,71	1,73	1,75	1,77	1,79	100
110	1,82	1,84	1,86	1,89	1,91	1,94	1,96	1,99	2,01	2,04	110
120	2,06	2,09	2,12	2,14	2,17	2,20	2,22	2,25	2,28	2,31	120
130	2,34	2,37	2,40	2,43	2,46	2,49	2,52	2,55	2,58	2,61	130
140	2,65	2,68	2,71	2,74	2,78	2,81	2,84	2,88	2,91	2,95	140
150	2,98	3,02	3,05	3,08	3,12	3,16	3,19	3,23	3,27	3,30	150
160	3,34	3,38	3,41	3,45	3,49	3,53	3,56	3,60	3,64	3,68	160
170	3,72	3,76	3,80	3,84	3,88	3,92	3,96	4,01	4,05	4,09	170
180	4,14	4,18	4,22	4,27	4,31	4,35	4,40	4,44	4,49	4,53	180
190	4,58	4,62	4,67	4,72	4,77	4,81	4,85	4,90	4,94	4,99	190
200	5,03	5,08	5,13	5,18	5,22	5,27	5,32	5,37	5,42	5,47	200
210	5,52	5,57	5,62	5,67	5,72	5,77	5,82	5,87	5,92	5,98	210
220	6,03	6,08	6,14	6,19	6,24	6,30	6,36	6,41	6,46	6,52	220
230	6,57	6,63	6,69	6,74	6,79	6,84	6,90	6,96	7,02	7,08	230
240	7,14	7,19	7,25	7,31	7,38	7,44	7,50	7,55	7,61	7,67	240
250	7,73										250

Tabella 7 - Coeff. omega per acciaio Fe360 (S235) - Tabella 7-IIa - Norma CNR-UNI 10011/88

Prospetto 7-IIIa — Coefficienti ω per acciaio Fe 430 (curva a)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	10
20	1,01	1,01	1,01	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	20
30	1,04	1,04	1,04	1,04	1,05	1,05	1,05	1,06	1,06	1,07	30
40	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,11	1,12	40
50	1,12	1,13	1,13	1,14	1,14	1,15	1,16	1,16	1,17	1,18	50
60	1,18	1,19	1,20	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	1,26	60
70	1,27	1,28	1,29	1,30	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	70
80	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50	1,52	1,54	80
90	1,55	1,57	1,59	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	1,75	90
100	1,77	1,80	1,82	1,84	1,87	1,90	1,92	1,95	1,98	2,00	100
110	2,03	2,06	2,09	2,12	2,15	2,17	2,20	2,23	2,26	2,30	110
120	2,33	2,36	2,39	2,42	2,46	2,49	2,52	2,56	2,59	2,62	120
130	2,66	2,69	2,73	2,77	2,80	2,84	2,87	2,91	2,95	2,99	130
140	3,02	3,06	3,10	3,14	3,18	3,22	3,26	3,29	3,33	3,37	140
150	3,41	3,45	3,49	3,54	3,56	3,62	3,66	3,70	3,74	3,79	150
160	3,83	3,88	3,92	3,97	4,01	4,06	4,11	4,15	4,20	4,25	160
170	4,29	4,34	4,39	4,44	4,48	4,53	4,58	4,63	4,68	4,73	170
180	4,75	4,83	4,88	4,93	4,98	5,03	5,08	5,13	5,18	5,23	180
190	5,28	5,34	5,39	5,44	5,50	5,55	5,61	5,66	5,72	5,77	190
200	5,83	5,88	5,93	5,99	6,05	6,10	6,16	6,22	6,28	6,34	200
210	6,40	6,46	6,52	6,58	6,64	6,70	6,75	6,81	6,87	6,93	210
220	7,00	7,06	7,12	7,18	7,25	7,31	7,38	7,45	7,51	7,57	220
230	7,64	7,70	7,76	7,83	7,90	7,97	8,04	8,11	8,17	8,24	230
240	8,31	8,37	8,44	8,51	8,57	8,64	8,71	8,78	8,85	8,92	240
250	8,98										250

Tabella 8 - Coeff. omega per acciaio Fe430 (S275) - Tabella 7-IIIa - Norma CNR-UNI 10011/88

Prospetto 7-IVa — Coefficienti ω per acciaio Fe 510 (curva a)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	1,01	10
20	1,01	1,02	1,02	1,02	1,03	1,03	1,03	1,04	1,04	1,04	20
30	1,05	1,05	1,06	1,06	1,06	1,07	1,07	1,08	1,08	1,09	30
40	1,10	1,10	1,11	1,11	1,12	1,13	1,13	1,14	1,15	1,15	40
50	1,16	1,17	1,18	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	50
60	1,25	1,26	1,27	1,28	1,29	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	60
70	1,38	1,39	1,41	1,43	1,45	1,47	1,48	1,50	1,53	1,55	70
80	1,57	1,59	1,61	1,64	1,66	1,69	1,71	1,74	1,77	1,79	80
90	1,82	1,85	1,88	1,91	1,94	1,97	2,00	2,03	2,06	2,10	90
100	2,13	2,16	2,19	2,23	2,26	2,30	2,33	2,37	2,41	2,44	100
110	2,48	2,52	2,56	2,60	2,63	2,67	2,71	2,75	2,79	2,83	110
120	2,88	2,92	2,96	3,00	3,05	3,09	3,13	3,18	3,22	3,27	120
130	3,31	3,36	3,40	3,45	3,49	3,54	3,59	3,63	3,68	3,73	130
140	3,78	3,83	3,88	3,93	3,98	4,03	4,09	4,14	4,19	4,24	140
150	4,30	4,35	4,40	4,46	4,51	4,57	4,63	4,68	4,74	4,80	150
160	4,86	4,91	4,96	5,02	5,07	5,13	5,19	5,25	5,31	5,37	160
170	5,43	5,49	5,56	5,62	5,68	5,74	5,80	5,86	5,93	5,99	170
180	6,05	6,12	6,19	6,25	6,32	6,39	6,45	6,52	6,59	6,66	180
190	6,72	6,78	6,85	6,92	7,00	7,07	7,14	7,21	7,28	7,36	190
200	7,43	7,50	7,57	7,65	7,72	7,79	7,87	7,95	8,03	8,10	200
210	8,15	8,26	8,33	8,41	8,48	8,56	8,64	8,72	8,79	8,87	210
220	8,95	9,02	9,10	9,18	9,26	9,33	9,42	9,49	9,57	9,65	220
230	9,73	9,81	9,90	9,99	10,08	10,17	10,25	10,33	10,42	10,50	230
240	10,60	10,67	10,76	10,85	10,94	11,03	11,11	11,21	11,30	11,40	240
250	11,49										250

Tabella 9 - Coeff. omega per acciaio Fe510 (S355) - Tabella 7-IVa - Norma CNR-UNI 10011/88

Il coefficiente di vincolo

Per la verifica delle aste è stata utilizzata la presente relazione:

$$l_0 = l \cdot \beta$$

dove:

- l_0 = lunghezza libera di inflessione dell'asta;
- l = lunghezza effettiva dell'asta;
- β = coefficiente di vincolo.

Sottoponendo un'asta a compressione appena oltre il carico critico, essa subisce una deformazione nel piano di minore rigidità che definisce una certa linea elastica. Tale deformazione è influenzata in modo determinante dai vincoli di estremità dell'asta, per cui si definisce "lunghezza libera di inflessione" la distanza tra due punti di flesso della linea elastica dell'asta deformata.

Variando il grado di vincolo delle estremità dell'asta, la linea elastica assume forme diverse. Di ciò si tiene conto per mezzo del coefficiente "β" definito appunto coefficiente di vincolo; esso assume i seguenti valori teorici:

- $\beta = 1$ se i vincoli dell' asta possono assimilarsi a cerniere;
- $\beta = 0,7$ se i vincoli possono assimilarsi a incastri;
- $\beta = 0,8$ se un vincolo è assimilabile all'incastro ed uno alla cerniera;
- $\beta = 2$ se l'asta è vincolata ad un solo estremo con un incastro perfetto.

L'eccentricità dovuta ai giunti (momenti parassiti)

Nei ponteggi a tubi e giunti, nei casi in cui è necessario realizzare un incrocio di aste usando i giunti, si innescano dei momenti aggiuntivi dovuti alla eccentricità tra i due tubi che penalizzano la resistenza del tubo. In queste situazioni bisogna diminuire al minimo possibile l'eccentricità, in modo da ridurre conseguentemente il momento parassita.

A dimostrazione di quanto detto, si riporta un esempio di applicazione: occorre individuare il carico “P” che il giunto ortogonale può trasferire al montante al limite della tensione ammissibile del materiale.

Dati:

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------------|
| - area resistente del montante: | $A = 4,59 \text{ cm}^2$ |
| - modulo resistenza montante: | $W = 4,85 \text{ cm}^3$ |
| - eccentricità tra i due tubi: | $e = 5 \text{ cm}$ |
| - acciaio tubo Fe360: | $\sigma_{amm} = 1600 \text{ daN/cm}^2$ |

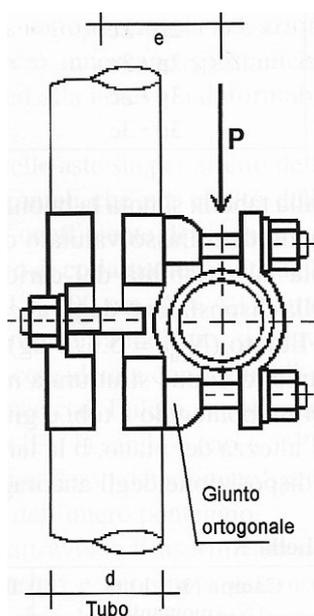


Figura 28 - Schema di collegamento tra due tubi con giunto ortogonale

- Archweb, https://www.archweb.it/dwg/ponteggi_cantiere/ponteggi_cantiere.htm

L'equazione di equilibrio in termini di tensioni vale:

$$\sigma = \frac{P}{A} + \frac{P \cdot e}{W} \leq \sigma_{amm}$$

e risolvendo rispetto a P si ottiene:

$$\sigma = \frac{P}{A} \left(1 + \frac{A \cdot e}{W}\right) \leq \sigma_{amm}$$
$$P \leq \frac{\sigma_{amm} \cdot A}{1 + \frac{A \cdot e}{W}}$$

Dall'espressione sopra individuata, si nota che il carico massimo ammissibile ($\sigma_{amm} \cdot A$) per effetto della eccentricità presente, subisce una notevole riduzione data dal coefficiente $\left(1 + \frac{A \cdot e}{W}\right)$.

Sostituendo i valori sopra indicati si ricava:

$$P \leq \frac{1600 \cdot 4,59}{1 + \frac{4,59 \cdot 5}{4,85}} = 1281 \text{ daN}$$

Valore notevolmente inferiore al limite teorico ammissibile.

L'esempio mette in evidenza l'importanza di questo fenomeno nei riguardi di una verifica locale del nodo realizzato con un giunto. Quindi bisogna porre notevole attenzione, nella disposizione e montaggio dei nodi, cercando di ridurre al minimo le eccentricità.

Diagonali e controventi

Nei ponteggi a tubi e giunti, l'unico sistema di controvento che è possibile assegnare al ponteggio è costituito dalle diagonali di facciata, che possono essere semplici o doppie. Tali diagonali possono anche essere omesse, senza che ciò possa comportare rischi per la stabilità del ponteggio, in quanto il collegamento tra montanti - correnti e tra montanti - traversi avviene con l'inserimento di giunti ortogonali che già contribuiscono ad irrigidire il nodo.

Nei ponteggi a telai prefabbricati i sistemi di controvento sono indispensabili, in quanto il collegamento tra i telai prefabbricati è realizzato con aste collegate con vere e proprie cerniere. L'inserimento di un doppio sistema di controvento (ad esempio telaietti prefabbricati e diagonali in tubi e giunti) viene considerato con una riduzione fittizia delle azioni che sollecitano i vari elementi di controvento.

Nelle possibilità di scelta dei tipi di ponteggio pertanto, la combinazione dei sistemi di controvento diventa indispensabile.

Serraggio dei giunti

Il problema dello scorrimento dei giunti assume una importanza determinante, come visto in precedenza, in quanto la resistenza e la stabilità del ponteggio spesso è affidata a tali elementi. Per tale motivo è necessario effettuare sempre una giusta manutenzione dei giunti (pulizia ed lubrificazione dei filetti dei bulloni) e dei tubi.

La resistenza a scorrimento è affidata principalmente ai giunti ortogonali o girevoli, eventualmente raddoppiati o in combinazione al giunto di tenuta, ovvero un apposito elemento atto ad impedire scorrimenti.

Nella tabella che segue sono indicati i valori di scorrimento di giunti ortogonali e giunti ortogonali abbinati a giunti di tenuta di alcune case produttrici di ponteggio. È evidente che i valori di scorrimento sono ricavati da specifiche prove di laboratorio e sono riportati sui libretti di uso e manutenzione dei relativi ponteggi.

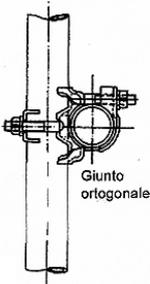
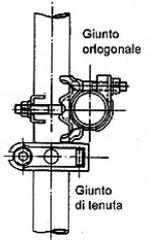
SCHEMA	FORZA DI SCORRIMENTO DI GIUNTI IN COMMERCIO	
 <p>Giunto ortogonale</p>	Produttore e tipologie di giunti ortogonali	Frattile 5% (daN)
	Dalmine tropicalizzato	1851
	Dalmine stampato a freddo	1595
	Dalmine stampato a caldo	1424
	Dalmine protetto	1155
	Borghì	1552
	Messersì tubo e giunto	1395
	Cipriani	1320
	Pilosio	1305
	Goffi protetto non invecchiato	1275
	Pontex	1155
	Ponteur	856
SCHEMA	FORZA DI SCORRIMENTO DI GIUNTI IN COMMERCIO	
 <p>Giunto ortogonale Giunto di tenuta</p>	Produttore e tipologie di giunto ortogonale accoppiato al giunto di tenuta	Frattile 5% (daN)
	Dalmine stampato a caldo	3062
	Dalmine protetto	3180
	Borghì	2722
	Messersì tubo e giunto	3062
	Cipriani	2290
	Pilosio	2463
	Goffi protetto non invecchiato	2695
	Pontex	2722
	Ponteur	2378

Tabella 10 - Forza di scorrimento giunti ortogonali e giunti ortogonali accoppiati con giunti di tenuta

– Ponteggi metallici fissi di Michele Sanginisi

Per ottenere le tali resistenze è necessario tenere in perfetta efficienza tubi e giunti, ma soprattutto di effettuare il giusto serraggio dei bulloni, attraverso una adeguata coppia di serraggio, verificabile per mezzo di una chiave dinamometrica.

Le coppie di serraggio devono essere indicate dalle case produttrici e circa assumono i seguenti valori:

- nodo non determinante: coppia di serraggio = $40 \div 50 \text{ N}\cdot\text{m}$
- nodo determinante: coppia di serraggio = $50 \div 60 \text{ N}\cdot\text{m}$.

In alcune occasioni di montaggio di elementi del ponteggio in tubo e giunto è prevista una opzione che consiste nel raddoppio del giunto, nel caso in cui la verifica non sia soddisfatta: consiste nell'aggiunta di un giunto supplementare, al fine di aumentarne la resistenza allo scorrimento del sistema, quindi la tenuta del vincolo e il soddisfacimento della verifica di calcolo.

NOTE SUL PROGETTO DEL PONTEGGIO

Nei ponteggi comunemente utilizzati in edilizia, se si procede attentamente nell'assegnazione/distribuzione di carichi di servizio e ad un idoneo dimensionamento, solitamente non si generano problemi nella verifica delle aste. I problemi cominciano a manifestarsi nel caso in cui vengono prese in considerazione l'azione della neve e l'azione del vento, soprattutto in fase di "fuori servizio", ovvero si effettuano le verifiche anche per la seconda e terza configurazione di carico nel caso di ponteggi alti posti ad altitudine medio - alta.

Prendendo in esame tutte e tre le condizioni di carico, è possibile che le verifiche non siano tutte rispettate, per cui è necessario procedere ad una revisione della struttura e/o delle azioni esterne per poter infine soddisfare tutte le verifiche. A tal proposito si può intervenire in diversi modi, solitamente si agisce attuando:

- Interventi sulla geometria del ponteggio e sui materiali con:
 - riduzione delle luci longitudinali e trasversali (tubi e giunti);
 - idonea disposizione degli elementi (tubi e giunti);
 - aumento dei sistemi di controvento;
 - riduzione delle eccentricità di calcolo;
 - aumento della resistenza dei materiali;
 - aumento della resistenza a scorrimento dei giunti;
 - raddoppio dei giunti resistenti a trazione;
 - aumento del numero degli ancoraggi;
 - potenziamento dei singoli ancoraggi;
 - raddoppio dei montanti.

- Interventi sulle azioni esterne:
 - riduzione degli impalcati carichi;
 - riduzione degli impalcati;
 - riduzione giustificata dei carichi di servizio;
 - riduzione giustificata dell'azione del vento sia in servizio e/o fuori servizio;
 - riduzione giustificata dell'azione della neve.

Per quanto riguarda la riduzione delle azioni esterne si fa presente che essa può essere tollerata se adeguatamente giustificata. Ad esempio in un ponteggio che riguarda lavori da svolgere nel periodo estivo, risulta evidente che l'azione della neve potrebbe essere esclusa, a vantaggio eventualmente sia dei carichi di servizio che degli impalcati presenti che possono interessare un numero maggiore di piani. Nel periodo invernale può verificarsi il caso contrario, ovvero di ridurre al minimo gli impalcati e quindi i carichi di servizio e utilizzare le azioni massime per vento e neve.

Riguardo il vento una eventuale riduzione può essere effettuata in funzione della particolare ubicazione del ponteggio, infatti, a parità di altezza, un conto è l'azione del vento in campo aperto, un conto è l'azione del vento in un centro abitato.

CAPITOLO III - REQUISITI MINIMI DI SICUREZZA DEL PONTEGGIO

RISCHI CONNESSI ALLA FASE DI MONTAGGIO, USO E SMONTAGGIO

Il montaggio, l'uso e lo smontaggio di un'opera provvisoria devono essere eseguiti nel pieno rispetto del D.Lgs. 81/2008 e del libretto a corredo della stessa.

La scelta del ponteggio da adottare in una specifica realizzazione dipende dai rischi da eliminare e/o ridurre, precedentemente individuati nell'attività di valutazione dei rischi. Essa deve essere eseguita in relazione alla tipologia di lavorazione da effettuare (manutenzione o costruzione) e alla complessità, all'estensione e alla geometria dell'opera da servire. Il ponteggio dunque verrà scelto in base alle classi di carico, alla tipologia degli elementi costruttivi costituenti lo stesso e a tutti i requisiti geometrici e prestazionali riportati nel proprio libretto. Esso chiarisce tutte le possibilità di impiego del ponteggio scelto, sia in relazione ai carichi che possono essere impiegati sia alle configurazioni geometriche che possono essere realizzate.

Le fasi relative al montaggio, uso e smontaggio dei ponteggi metallici sono quelle sequenze di operazioni che prevedono diversi rischi, i più gravosi sono quelli di cedimento strutturale del ponteggio, caduta di materiale dall'alto o peggio di caduta dall'alto degli operatori. La maggior parte degli adempimenti e prescrizioni da svolgere in tali fasi sono riportati nei libretti di autorizzazione ministeriale, mentre per quanto riguarda gli aspetti particolari, come l'esecuzione di parti non conformi all'autorizzazione ministeriale e quindi non contenute nel libretto, deve essere cura del progettista o di altra persona qualificata, indicare tutte le prescrizioni necessarie per procedere alla costruzione dell'opera provvisoria con sicurezza, riducendo al minimo i rischi. Tutte le prescrizioni supplementari relative a situazioni particolari devono essere inserite in un piano di sicurezza detto Piano di Montaggio Uso e Smontaggio – Pi.M.U.S. unitamente a tutta la necessaria documentazione che oltre alla parte descrittiva e di prescrizione, deve anche riportare verifiche e schemi grafici delle situazioni che richiedono uno studio particolare.

Dunque nella fase di montaggio, uso e smontaggio dell'opera provvisoria, si può andare incontro a diversi rischi, si identificano:

- *caduta dall'alto del personale*: è un rischio di grande entità e il danno associato può risultare gravissimo per l'infortunato, richiede quindi l'adozione di idonei dispositivi per il controllo della caduta dall'alto del personale addetto.

Durante la fase di montaggio/smontaggio la struttura del ponteggio può essere priva di parapetti e dispositivi di protezione individuale, ovvero la struttura è in fase di allestimento/smontaggio. Tale rischio deve essere contrastato attraverso l'utilizzo delle idonee cinture di sicurezza vincolate a funi di trattenuta saldamente ancorate a parti stabili; cintura e funi devono essere marcati CE in quanto devono possedere gli idonei sistemi protettivi.

Tale rischio si riscontra anche in fase di utilizzo del ponteggio, da un suo uso non corretto (scavalcare parapetti, salire lungo i montanti, spostamento dei ripiani, mancata chiusura delle botole etc.) o a uno scorretto montaggio (bulloni lenti, mancanza di elementi etc.). Le misure da adottare consistono in una adeguata formazione del personale affinché utilizzi l'opera provvisoria senza apportare alcuna variazione, limitandosi a segnalare al preposto eventuali insufficienze e, nei casi di lavorazione nelle quali le protezioni esistenti sono carenti, a indossare le cinture di sicurezza;

- *caduta di materiale dall'alto*: rischio grave e più frequente del precedente nel caso non vengano adottate le giuste misure preventive, esso viene ostacolato con l'inserimento del parasassi o segregando l'area sottostante al ponteggio. Quest'ultimo caso richiede che un preposto controlli sempre che alla base del ponteggio non vi sia transito di persone. Per proteggersi contro cadute di materiale leggero è sufficiente l'uso del casco protettivo;
- *contatti elettrici indiretti e scariche atmosferiche (elettrocuzione)*: i primi si hanno quando una parte elettrica sotto tensione, a seguito di guasto, viene a contatto con elementi del ponteggio, mentre la seconda è conseguenza dei fulmini che colpiscono la struttura metallica del ponteggio. Nel primo caso è necessario prescrivere ai montatori l'uso di utilizzatori di classe 1 o 2, dotati di idoneo involucro isolante, mentre nel secondo caso è da prescrivere che se c'è maltempo occorre allontanarsi dall'opera provvisoria. Per entrambi i rischi si potrebbe anche prescrivere l'adozione di un idoneo impianto di terra, purché l'opera provvisoria rientri nella fattispecie di "massa estranea";
- *cedimento strutturale del ponteggio*: può essere dovuto a uno scorretto montaggio per carenza dimensionale della struttura, ovvero per le mancate verifiche preliminari che non segnalano elementi non idonei per deterioramenti vari. E' necessario almeno di:
 - eseguire e registrare le verifiche preliminari sugli elementi del ponteggio, sulla base delle indicazioni dell'Allegato XIX del D.Lgs. 81/2008;
 - eseguire il montaggio del ponteggio sotto la sorveglianza di un preposto, in maniera conforme al libretto di autorizzazione ministeriale o all'eventuale progetto, senza apportare nessuna variazione;
 - non sovraccaricare il ponteggio né per grandezza di carico né per numero di ripiani;

- non effettuare sul ponteggio lavorazioni pericolose se non autorizzate.
- *ferite (tagli, abrasioni, contusioni, schiacciamenti)*: risulta essere un rischio di minore entità rispetto ai precedenti ma più frequente, colpisce soprattutto mani e piedi essendo le parti del corpo più esposte. Il rischio viene ridotto con l'utilizzo di guanti di protezione, la cui resistenza deve essere idonea ai tagli e alle abrasioni, pur garantendo una buona presa e da scarpe antinfortunistiche con suola imperforabile e punta rinforzata;
- *cadute sui ripiani del ponteggio per scivolamento*: i lavoratori in cantiere hanno il compito di mantenere puliti i ripiani e, in caso di pioggia o neve, devono abbandonare il ponteggio. Inoltre necessita che indossino sempre scarpe con suola antiscivolo e casco protettivo per impedire contusioni alla testa dovute alla caduta.

Dall'analisi dei rischi di cui sopra si evincono i Dispositivi di Protezione Individuale - DPI che devono essere utilizzati dagli addetti alle lavorazioni nella fase di montaggio, uso e smontaggio, trascurando quelli per lavorazioni specifiche al manufatto, si identificano:

- cinture di sicurezza idonee provviste di dispositivo anticaduta con dissipatore di energia, marcate CE; cordino di trattenuta da collegare a parti stabili. Le cinture vanno utilizzate nei casi particolari in cui i sistemi di protezione possono risultare insufficienti;
- casco di sicurezza;
- scarpe di sicurezza antiscivolo, con puntale rinforzato e suola imperforabile;
- guanti e mascherine antipolvere.

IL PI.M.U.S.

L'art. 136 del D.Lgs. 81/2008 prevede che il datore di lavoro dell'impresa incaricata del montaggio, controllo, manutenzione, trasformazione e smontaggio del ponteggio, a mezzo di persona competente, debba redigere uno specifico Piano di Montaggio Uso e Smontaggio - Pi.M.U.S. per ciò che concerne il ponteggio metallico fisso. Tale piano si deve confrontare con le indicazioni previste da altri strumenti di previsione, organizzazione e gestione della sicurezza quali il Piano di Sicurezza e Coordinamento - P.S.C. e il Piano Operativo di Sicurezza - P.O.S. Inoltre deve essere messo a disposizione del preposto addetto alla sorveglianza e dei lavoratori interessati.

Contenuti minimi del Pi.M.U.S.

Il Pi.M.U.S., è un piano operativo che deve contenere tutte le indicazioni e prescrizioni di sicurezza per permettere il montaggio, uso e smontaggio del ponteggio con la massima sicurezza e non deve occuparsi delle lavorazioni che devono essere svolte in favore dell'opera servita.

Tale documento è costituito da una relazione descrittiva provvista delle eventuali verifiche, da elaborati grafici e tavole che indicano in modo chiaro le corrette procedure di montaggio e smontaggio (procedure operative, sistemi di salita e discesa dei materiali, dispositivi anticaduta etc.). Dunque contiene, in modo testuale e grafico, le corrette procedure da adottare nel pieno rispetto della sicurezza degli operatori, prevedendo tutti i possibili sistemi di protezione, privilegiando i dispositivi di protezione collettiva rispetto a quelli individuali.

L'Allegato XXII del D.Lgs. 81/2008 riporta i contenuti minimi che il Pi.M.U.S. deve possedere affinché sia ritenuto valido:

- Dati identificativi del luogo di lavoro;
- Identificazione del datore di lavoro che procederà alle operazioni di montaggio e/o trasformazione e smontaggio del ponteggio;
- Identificazione della squadra di lavoratori, compreso il preposto, addetti alle operazioni di montaggio e trasformazione e/o smontaggio del ponteggio;
- Identificazione del ponteggio;
- Disegno esecutivo del ponteggio dal quale risultino:
 - generalità e firma del progettista;
 - sovraccarichi massimi per metro quadrato di impalcato;
 - indicazione degli appoggi e degli ancoraggi.
- Progetto del ponteggio, quando previsto;
- Indicazioni generali per le operazioni di montaggio, trasformazione e smontaggio del ponteggio:
 - planimetria delle zone destinate allo stoccaggio e al montaggio del ponteggio, evidenziando delimitazione, viabilità, segnaletica;
 - modalità di verifica e controllo del piano di appoggio del ponteggio;
 - modalità di tracciamento del ponteggio, impostazione della prima campata, controllo della verticalità, livello/bolla del primo impalcato, distanza tra ponteggio e opera servita;
 - descrizione dei DPI utilizzati e loro modalità di uso, con esplicito riferimento all'eventuale sistema di arresto caduta utilizzato e ai relativi punti di ancoraggio;

- descrizione delle attrezzature adoperate nelle operazioni di montaggio, trasformazione e smontaggio del ponteggio e loro modalità di installazione e uso;
 - misure di sicurezza da adottare in presenza, nelle vicinanze del ponteggio, di linee elettriche aeree nude in tensione;
 - tipo e modalità di realizzazione degli ancoraggi;
 - misure di sicurezza da adottare in caso di cambiamento delle condizioni meteorologiche (neve, vento, ghiaccio, pioggia);
 - misure di sicurezza da adottare contro la caduta di materiali e oggetti.
- Illustrazione delle modalità di montaggio, trasformazione e smontaggio, riportando le necessarie sequenze “passo dopo passo”, nonché descrizione delle regole specifiche da applicare, con l’aiuto di elaborati esplicativi e grafici;
 - Descrizione delle regole da applicare durante l’uso del ponteggio;
 - Indicazioni delle verifiche da effettuare sul ponteggio prima del montaggio e durante l’uso.

RISCHIO CONNESSO ALLA CADUTA DEL MATERIALE DALL’ALTO

Mantovane parasassi e canalizzazione delle macerie

Un rischio presente nei cantieri edili è quello dovuto alla caduta dei materiali dall’alto. Per tale motivo la presenza delle tavole fermapiede, dei parapetti, degli impalcati di servizio dei ponteggi non è ritenuta sufficiente a proteggere i luoghi di transito o stazionamento nelle immediate vicinanze dell'opera provvisoria.

Ai sensi dell'art 129 del D.Lgs. 81/2008, all'altezza del solaio di copertura del piano terreno e comunque in seguito del primo o secondo impalcato del ponteggio, deve essere sistemato un sistema di protezione detto mantovana parasassi, in grado di intercettare l’eventuale caduta di materiale dall'alto. Esso è costituito da un robusto intavolato inclinato, con spessore minimo delle tavole di 4 cm, avente l’estremità superiore rivolta verso l’esterno. È utile non solo verso gli spazi pubblici esterni, ma anche all'interno del cantiere compatibilmente con le esigenze delle lavorazioni.

La mantovana parasassi può essere sostituita con una chiusura continua in graticci sul fronte del ponteggio, qualora presenti le stesse garanzie di sicurezza, o con la segregazione dell’area sottostante. La chiusura in graticcio non va confusa con quella ottenuta con reti tessili o teloni, non previsti dalla norma.

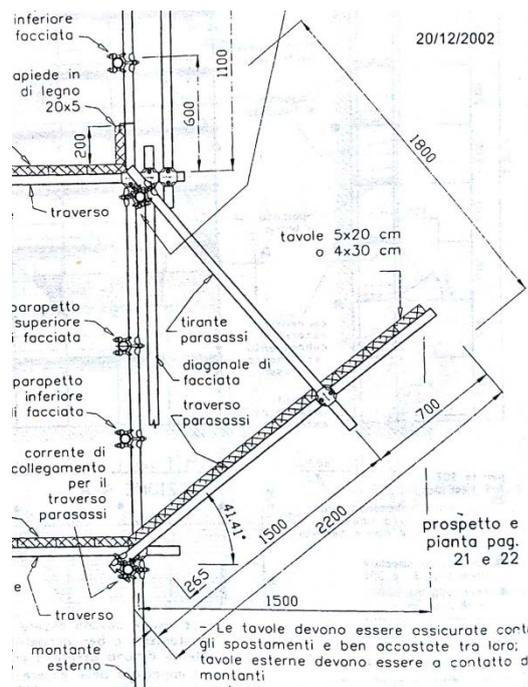


Figura 29 - Schema mantovana parasassi

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

A riguardo è opportuno riportare quanto indicato nella circolare 149/85: *"Le istruzioni per il montaggio, l'impiego e lo smontaggio dei ponteggi contenute nelle autorizzazioni ministeriali prevedono la messa in opera di uno o più parasassi, capaci di intercettare la caduta di materiali, fissandone altresì le caratteristiche costruttive. La chiusura frontale del ponteggio mediante teloni o reti, non realizza le stesse garanzie di sicurezza del parasassi e, conseguentemente, non può essere ritenuta sostitutivo delle anzidette protezioni. Trattasi, comunque, di una misura di sicurezza aggiuntiva, peraltro non prevista specificamente da alcuna norma, che può essere adottata, a condizione che non sia modificata la funzione protettiva del parasassi. Inoltre la presenza di teli, così come di affissi pubblicitari, sul fronte del ponteggio aumenta la superficie esposta al vento, e di conseguenza, la sollecitazione indotta da questo fattore sulla struttura rispetto ai valori presi in considerazione nei calcoli ai fini delle autorizzazioni. Pertanto, non essendo accettabile una valutazione in astratto delle condizioni di sicurezza senza una apposita verifica di calcolo che tenga conto delle maggiori sollecitazioni, incombe all'utilizzatore l'obbligo di fare predisporre la predetta verifica a cura di un professionista abilitato e di tenerne copia presso il cantiere"*.

È il caso di evidenziare che il parasassi, capace di intercettare la caduta di materiale, deve essere previsto per tutta l'estensione dell'impalcato di lavoro, escluso lo spazio necessario al passaggio di materiali movimentati con apparecchi di sollevamento montati sul ponteggio in zone

che sono vietate al transito delle persone. Il primo allineamento di parasassi deve essere montato a un'altezza da terra pari a quella prevista negli schemi allegati all'autorizzazione ministeriale; ulteriori parasassi oltre al primo, devono essere previsti ogni volta che viene superata la distanza di 12 m fra il piano di calpestio cui è raccordato il primo e un qualsiasi altro impalcato utile. Tale sistema di protezione può essere realizzato con elementi prefabbricati o con elementi in tubo e giunto.

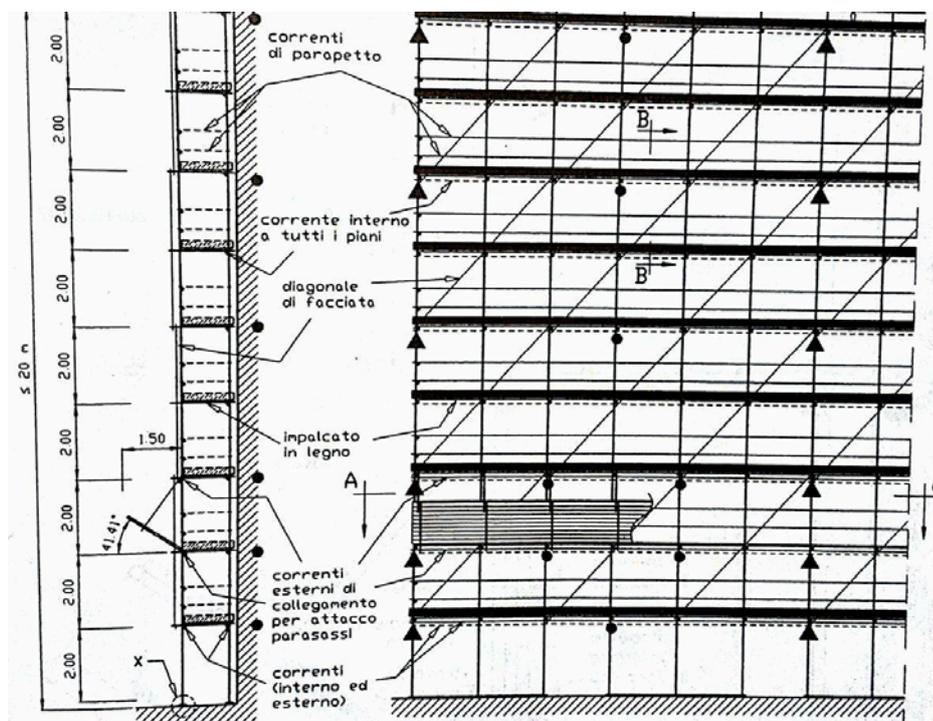
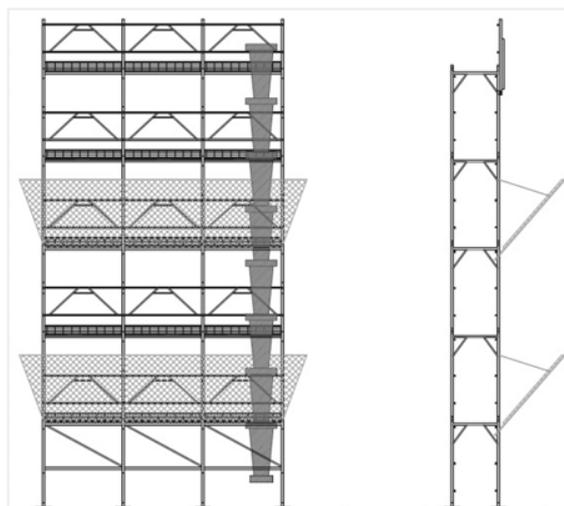


Figura 30 - Schema ponteggio con un allineamento di parasassi ogni 12 m
 - Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

L'estensione in proiezione della mantovana varia, a seconda delle autorizzazioni e del tipo di ponteggio, e va da 1,10 m a 1,50 m. Esiste la possibilità della omissione del parasassi a condizione che venga segregata l'area antistante per almeno 1,50 m.

Per quanto riguarda invece la gestione delle macerie, da molti anni per scaricare materiali minuti dai ponteggi provenienti dai lavori di demolizione vengono utilizzati appositi canali di scarico, cioè tratti di tubi del diametro di 50 cm circa di forma tronco-conica. Essi vengono sovrapposti tra loro per circa 25 cm, tenuti insieme da catene metalliche e vengono ancorati al ponteggio. L'elemento così costituito agevola le operazioni di scarico del materiale, permette di scaricare direttamente le macerie nei cassoni posti alla base del canale a piano campagna.



*Figura 31 - Schema ponteggio con canale di scarico
- Ponteggi: progetto, verifica, disegni di Michele Sanginisi*

Però il canale di scarico costituisce un notevole incremento di carico per il ponteggio, che aumenta notevolmente durante la fase di utilizzo, soprattutto per gli effetti dinamici dovuti al movimento delle macerie nella loro fase di discesa e di cambio direzione. Di conseguenza l'utilizzo di tale elemento deve essere specificatamente giustificato da un calcolo di progetto e verifica statica del ponteggio. Nella fase esecutiva possono essere assunti i seguenti accorgimenti:

- raddoppio del montante del ponteggio dove risulta ancorato il canale;
- potenziamento degli ancoraggi lungo l'asse verticale del canale;
- potenziamento delle controventature di piano della zona interessata dal canale.

Salita e discesa dei materiali dal ponteggio

Un aspetto di particolare importanza nella fase di montaggio, uso e smontaggio dei ponteggi, lo assume il sistema utilizzato per la salita e discesa degli elementi del ponteggio, sistema utilizzato anche durante la fase lavorativa per la salita e discesa dei materiali necessari alle lavorazioni.

Difatti la procedura di montaggio del ponteggio dipende principalmente dal tipo di mezzo di sollevamento che si intende utilizzare (elettrico o manuale, posizionamento dell'argano in basso o in testa al ponteggio etc.). Gli adempimenti e le disposizioni principali risultano essere le seguenti:

- indicazioni fornite dall'Allegato V e XVIII del D.Lgs. 81/2008;

- indicazioni riportate nel libretto di uso e manutenzione del mezzo di sollevamento;
- indicazioni riportate nel libretto di autorizzazione ministeriale del ponteggio;
- indicazioni riportate nella eventuale relazione di calcolo del ponteggio;
- specifica esperienza nel settore dell'addetto alla redazione del Pi.M.U.S.

Gli aspetti principali da tenere sempre in considerazione sono i seguenti:

- qualsiasi tipo di sistema di sollevamento utilizzato deve essere marcato CE e dotato di tutti i necessari sistemi di sicurezza;
- l'installazione deve essere eseguita sulla base delle istruzioni del costruttore;
- nel caso di specifici castelli di carico, in assenza di parapetto della zona dove si ricevono i carichi, è possibile ricorrere a fermapiedi alti 30 cm, robusti e rigidi ritegni laterali, elementi supplementari dove il lavoratore possa sostenersi. Se invece i castelli di carico utilizzano lo stesso ponteggio, è obbligatorio l'uso di cinture di sicurezza con cordini ancorati a parti stabili;
- l'uso di argani manuali, come ad esempio carrucole semplici azionate a mano, è consentito solo per altezza di salita fino a 5 metri. Per altezze di salita superiori l'argano a mano può essere utilizzato ma a condizioni che sia provvisto di un sistema automatico che arresti la corsa del carico;
- l'azione trasmessa dall'argano deve essere considerata nel calcolo del ponteggio, assumendo le necessarie opere di rinforzo; in particolare devono essere prese in considerazione le azioni dinamiche trasmesse dall'attrezzatura di sollevamento al ponteggio durante la movimentazione del carico;
- operando con sistemi di sollevamento che gravano direttamente sul ponteggio, è buona norma contenere la portata massima dell'argano per evitare di sovrasollecitare oltre i limiti consentiti le parti di ponteggio che risentono dell'azione;
- il ponteggio, dove viene installato l'argano, deve essere rinforzato e adeguato sulla base delle disposizioni minime date dall'Allegato XVIII del D.Lgs. 81/2008 (rinforzi su controventi, ancoraggi, montanti, parapetti, ripiani);
- sia nella zona di carico che in quella di ricevimento del carico deve essere apposta una targhetta che identifichi l'argano elettrico indicando i limiti di impiego (portata massima), la casa costruttrice, l'anno di costruzione e il numero di matricola;
- sull'argano e sui suoi elementi costitutivi (funi, ganci, ingranaggi, parti elettriche etc.) devono essere eseguite le verifiche periodiche previste dal costruttore.

RISCHIO CADUTA DALL'ALTO E DISPOSITIVI ANTICADUTA

Fenomeno infortunistico per caduta dall'alto

Per definire correttamente cosa si intende per infortunio sul lavoro, è necessario riferirsi alla legge sulla tutela assicurativa obbligatoria gestita dall'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro – INAIL. Secondo la norma rientrano in questa fattispecie “*tutti i casi di infortunio avvenuti per causa violenta in occasione di lavoro, da cui sia derivata la morte o un'inabilità permanente al lavoro, assoluta o parziale, ovvero un'inabilità temporanea assoluta che comporti astensione dal lavoro per più di tre giorni*”.

Nei lavori che si svolgono in quota, ovvero ad altezza superiore a 2 metri rispetto ad un piano stabile, il rischio di caduta dall'alto assume una importanza determinante in quanto le conseguenze connesse possono provocare lesioni permanenti e nei casi più gravi la morte. Il sistema di sorveglianza degli infortuni mortali sui luoghi di lavoro – Infor.MO, ha registrato che le cadute dall'alto dell'infortunato rappresentano circa un terzo degli infortuni mortali sui luoghi di lavoro. Dall'analisi di tali cadute, relativamente al quinquennio 2008 – 2012, per un totale di 535 casi, è emerso che il settore di attività maggiormente colpito è quello delle costruzioni con oltre il 65% degli eventi accaduti, seguito successivamente dall'agricoltura con l'11%. Il luogo in cui più frequentemente si verificano le cadute dall'alto risulta il cantiere con il 52,4% degli incidenti.

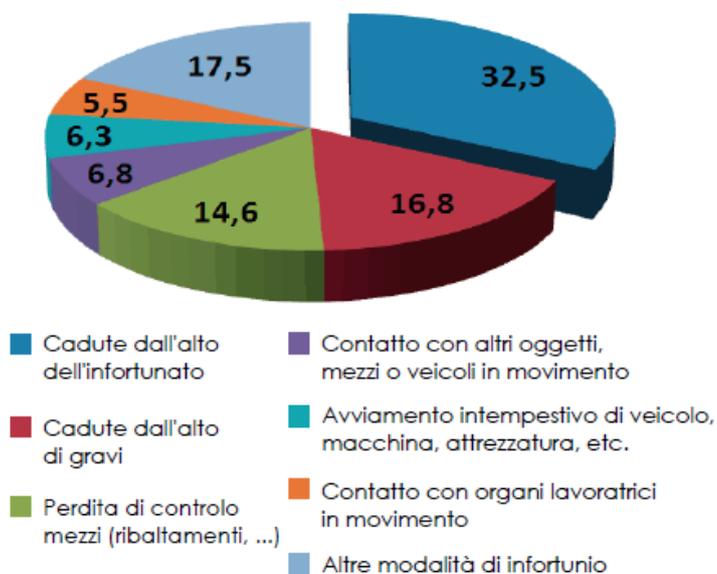


Figura 32 - Infortuni mortali per modalità di accadimento (valori %) – INAIL/Infor.MO, Le cadute dall'alto dei lavoratori, Scheda 2

Per analizzare i fattori di rischio emersi dall'analisi delle dinamiche infortunistiche, sono stati esaminati in dettaglio oltre 160 casi di caduta dall'alto dell'archivio Infor.MO per gli anni 2009 - 2010. Da tale analisi, risultano sei principali sottocategorie di caduta dall'alto:

- caduta per sfondamento di copertura (23,2%);
- caduta da scala portatile (17,3%);

- caduta da parte fissa di edificio (12,5%);
- caduta da ponteggi, impalcature fisse (10,1%);
- caduta all'interno di varco (10,1%);
- caduta da mezzi di sollevamento o per lavori in quota.

La somma degli incidenti rientranti nelle citate categorie rappresenta circa l'81% della totalità delle cadute dall'alto dell'infortunato.

Ai fini della prevenzione degli infortuni è importante l'osservanza delle disposizioni legislative che obbligano il datore di lavoro ad eseguire:

- idonea valutazione dei rischi e adozione di appropriate misure di prevenzione atte alla tutela della sicurezza e salute dei lavoratori;
- adeguata formazione e informazione dei lavoratori addetti ai lavori in quota, preparatoria anche per ciò che concerne eventuali emergenze.

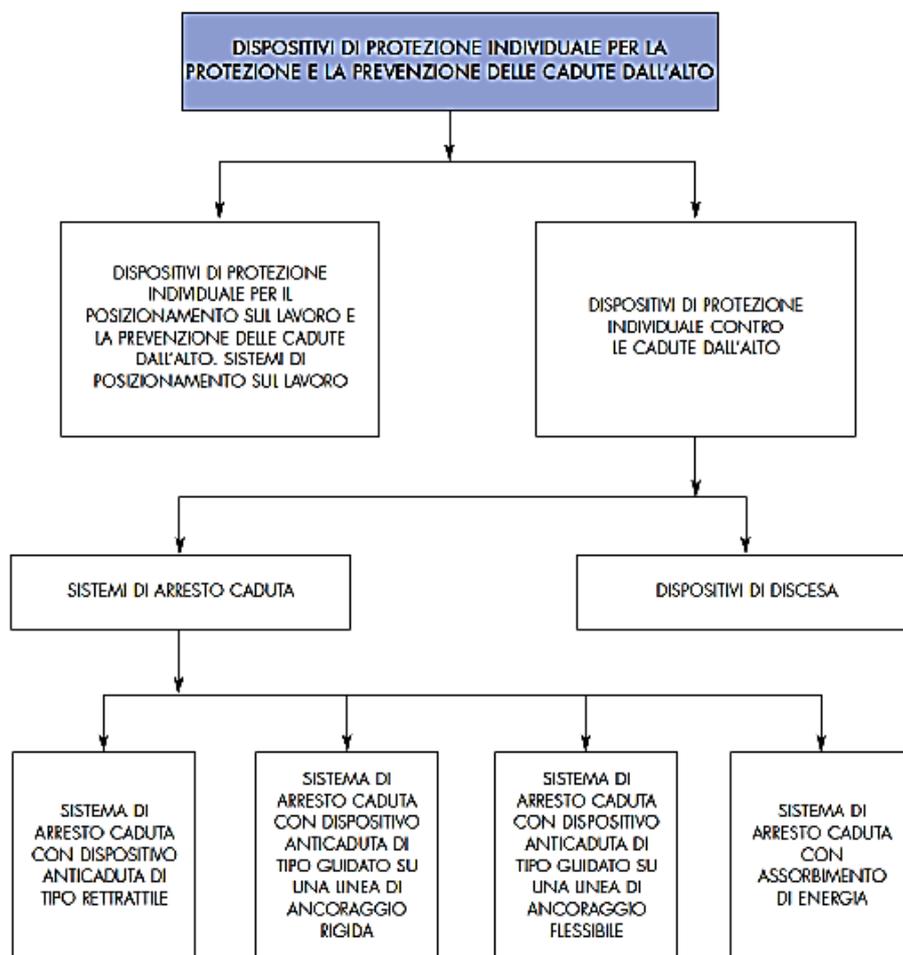


Figura 33 – Flow-chart rischi professionali - INAIL, Quaderni tecnici per i cantieri temporanei o mobili

Nel caso specifico di trattazione, dunque per lavoratori esposti al rischio caduta dall'alto relativamente per le fasi di montaggio, uso e smontaggio di un ponteggio metallico fisso, le misure di protezione che possono essere sostanzialmente adottate sono:

- utilizzo di Dispositivi di Protezione Collettivi – DPC (utilizzo di parapetti inseribili dal basso da montare da una posizione protetta, ad accesso al piano in allestimento già provvisto di protezioni);
- utilizzo di Dispositivi di Protezione Individuale – DPI (linee vita, imbracature, cordini fissi o retrattili etc.) così come prescritto nell'art. 115 del D.Lgs. 81/2008 e rappresentato nella flow-chart esplicativa precedente.

Nella letteratura specialistica internazionale di lingua inglese, si distingue “injury” (incidente che provoca lesione, ovvero l'infortunio) da “accident” (incidente senza lesioni). Tanto che si usa l'espressione “injuries are not accidents” (gli infortuni non sono incidenti) per affermare che non sono semplice frutto di fatalità. Autorevoli organismi internazionali riconoscono da tempo che gli infortuni sul lavoro sono “*la conseguenza statisticamente prevedibile del fallimento tecnico-sociale del lavoro*”¹⁴.

Caduta libera, caduta frenata e forza di impatto

Il rischio di caduta dall'alto può essere rimosso e/o ridotto, come già esplicito precedentemente, attraverso l'adozione di idonei dispositivi di protezione individuale quando non è possibile l'uso dei dispositivi di protezione collettiva.

Risulta a questo punto interessante analizzare cosa accade in fase di caduta ad un operatore vincolato ad un dispositivo di protezione individuale, il quale non rimane esente da rischi. Il corpo umano in caduta può essere schematizzato come un corpo rigido di massa “m”, dotato di imbragatura di sicurezza. La caduta può essere suddivisa in quattro fasi:

- 1) *Corpo in posizione di riposo in quota*: il corpo sospeso all'ancoraggio è in quiete e il sistema di collegamento di opportuna lunghezza non è teso. Tale posizione costituisce il riferimento per la misura della caduta libera;

¹⁴ X Rapporto del Comitato misto dell'Ufficio internazionale del lavoro e dell'Organizzazione mondiale della sanità, n. 777/89.

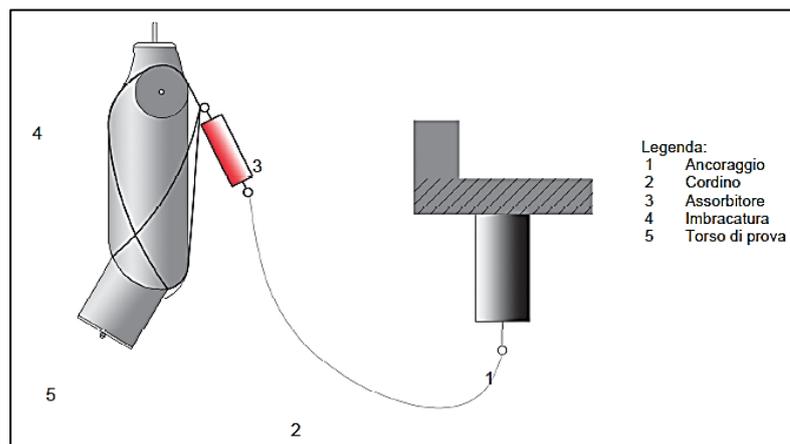


Figura 34 – Corpo in posizione di riposo in quota

- INAIL, Idoneità dell'assorbitore di energia in relazione al peso del lavoratore

2) *Corpo in caduta libera*: il corpo si muove lungo una traiettoria verticale con moto uniformemente accelerato con accelerazione “ $a=g$ ” verso il basso. Il corpo percorre in caduta libera una altezza pari a “ h_{cl} ”.

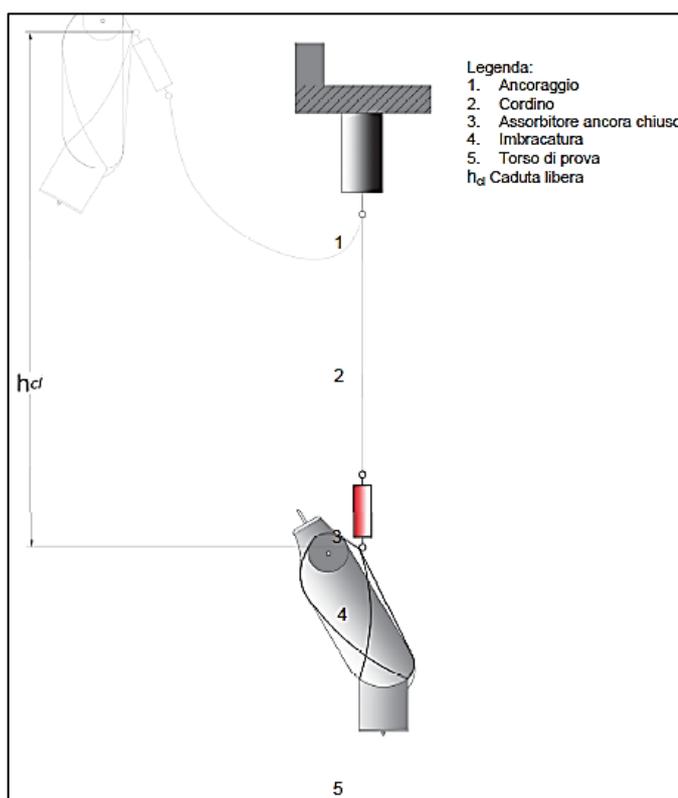


Figura 35 – Corpo in caduta libera

- INAIL, Idoneità dell'assorbitore di energia in relazione al peso del lavoratore

Per tratti di breve caduta in cui è trascurabile la resistenza dell'aria ed è possibile mantenere costante l'accelerazione di gravità, un corpo con velocità iniziale nulla in fase di caduta libera da

un'altezza “ h_{cl} ”, ha una velocità che aumenta con l'altezza di caduta ed in particolare la velocità finale sarà:

$$v_f = \sqrt{2 \cdot g \cdot h_{cl}}$$

dove:

v_f = velocità finale del corpo in caduta libera, [m/s];

g = accelerazione di gravità, [m/s²];

h_{cl} = altezza di caduta, [m].

Al termine della caduta libera, l'energia prodotta espressa in [N·m], vale:

$$E_{ki} = m \cdot g \cdot h_{cl}$$

dove:

m = massa del corpo in caduta libera, [kg].

- 3) *Corpo in caduta frenata*: il sistema di collegamento prende il carico del corpo e si tende. Il corpo è in caduta frenata per un'altezza pari a “ h_{cf} ”.

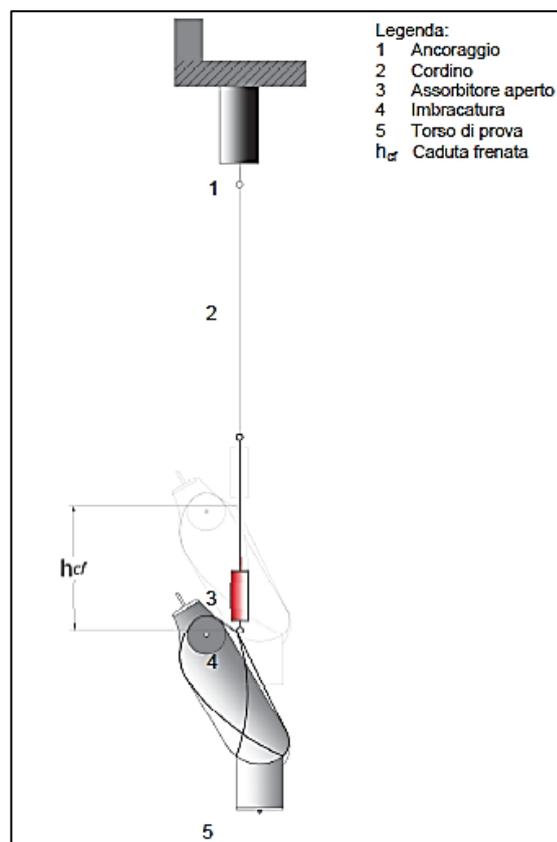


Figura 36 - Corpo in caduta frenata

- INAIL, Idoneità dell'assorbitore di energia in relazione al peso del lavoratore

L'energia “Eki” accumulata durante la caduta libera, viene in parte assorbita dal corpo vincolato e in parte dissipata sotto le seguenti forme:

- dissipazione per la elasticità del sistema;
- dissipazione per cedimenti anelastici o plastici della fune;
- dissipazione per attriti che si trasformano in calore;
- dissipazione per cedimenti elastici o anelastici dei punti di ancoraggio.

Tali effetti dissipativi contribuiscono a formare ulteriori spazi di caduta, che per l'effetto prodotto, determina un ulteriore spazio percorso in caduta, definito come spazio di caduta frenata. In particolare, possiamo dire che, dal punto in cui si esaurisce la caduta libera e inizia la caduta frenata, l'energia cinetica accumulata per effetto della velocità relativa alla caduta libera, inizia a trasformarsi in energia potenziale di deformazione e in altre forme di energia (elastica, calore etc.).

4) *Corpo in quiete dopo la caduta*: il corpo è appeso al cordino. Dopo aver percorso un'altezza pari a $h = h_{cl} + h_{cf}$ dal punto di caduta, il corpo è fermo.

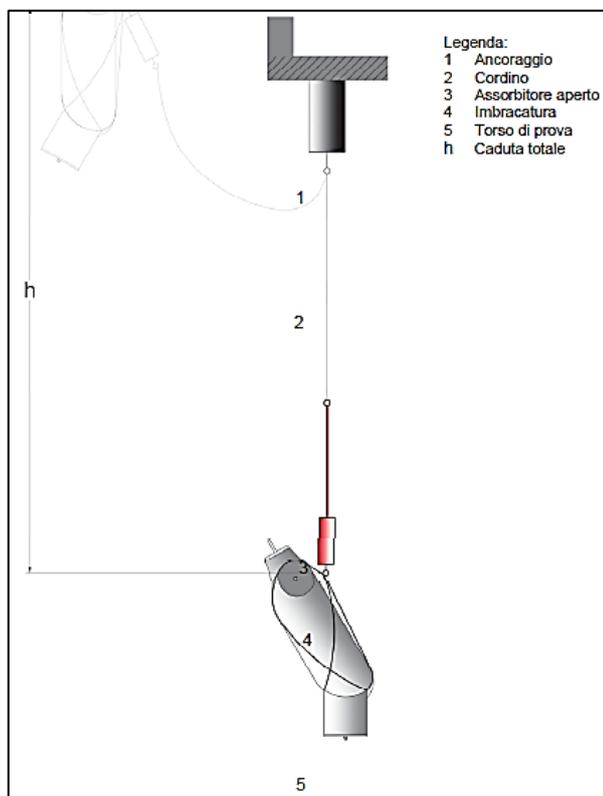


Figura 37 – Corpo in quiete dopo la caduta

- INAIL, *Idoneità dell'assorbitore di energia in relazione al peso del lavoratore*

Nel punto più basso della caduta, ovvero quando la velocità del corpo in caduta è nulla, l'energia finale “Ef” può scriversi nella forma:

$$E_f = E_a + E_p + E_v$$

dove:

E_a = energia cinetica trasformata in energia dissipativa dalla deformazione della fune o di un apposito assorbitore di energia preposto allo scopo;

E_p = energia potenziale residua assorbita dal corpo al termine della caduta;

E_v = energia cinetica dissipata sotto altre forme;

Per il principio della conservazione dell'energia possiamo scrivere che l'energia cinetica iniziale “Eki” accumulata al termine della caduta libera deve uguagliare l'energia finale al termine della caduta frenata “Ef”:

$$E_{ki} = E_f$$

Considerato che nel caso di cadute di persone dall'alto vincolate a un sistema anticaduta, nell'espressione dell'energia finale i termini principali sono costituite da “Ea ed Ep”, (E_v rappresenta un'aliquota di difficile valutazione), si intuisce in modo evidente che con l'assenza di un dissipatore di energia ($E_a = 0$), quasi tutta l'energia cinetica accumulata nella caduta libera, si trasforma in energia d'urto a carico del corpo. Dunque l'energia direttamente assorbita da un corpo al termine di una caduta dall'alto, dipende sostanzialmente dalla differenza tra l'energia accumulata dal corpo durante la caduta libera e l'energia dissipata durante la caduta frenata.

Operando nel campo dei ponteggi, per un lavoratore vincolato a un idoneo sistema anticaduta, è possibile ritenere che:

- la decelerazione del corpo durante la caduta frenata non è facilmente determinabile, per cui per poter valutare una forza di impatto media durante la caduta frenata si ipotizza che la decelerazione avvenga con moto uniformemente decelerato;
- considerato che il dispositivo anticaduta deve necessariamente limitare la caduta libera, i tempi impiegati durante la caduta complessiva sono sufficientemente brevi.

In conseguenza di ciò, fruttando il secondo principio della dinamica, la brevità dei tempi impiegati durante la caduta complessiva e ipotizzando una decelerazione con moto uniformemente decelerato durante la caduta frenata, è possibile determinare la forza di impatto media sul corpo, espressa in [N], con la seguente relazione:

$$F = \frac{m \cdot g \cdot h_{cl}}{h_{cf}}$$

dove:

m = massa del corpo, [kg];

g = accelerazione di gravità, [m/s²];

h_{cl} = spazio percorso in caduta libera, [m];

h_{cf} = spazio percorso in caduta frenata, [m].

Il lavoratore caduto quindi subisce un notevole contraccolpo in conseguenza alla frenata subita e resta sospeso ad un cavo, correndo inoltre il cosiddetto rischio da sospensione:

- *rischio da sospensione cosciente*: in tale caso l'imbracatura che sostiene il corpo comporta la compressione dei vasi sanguigni degli arti inferiori con conseguenze alla circolazione del sangue, portando anche alla perdita di conoscenza del soggetto;
- *rischio da sospensione inerte*: la sospensione in stato di incoscienza del lavoratore può provocare la compromissione delle funzioni vitali in soli 15-20 minuti.

Quanto detto precedentemente spiega il motivo della necessità di avere incorporato nel sistema anticaduta di un lavoratore soggetto al rischio di caduta dall'alto, uno specifico dissipatore di energia il quale assorbendo parte dell'energia dovuta alla caduta, riduce in modo significativo la parte di energia che deve assorbire il corpo del lavoratore. Per i sistemi dotati di assorbitori di energia, i produttori dimensionano l'assorbitore in modo tale che la forza di impatto a cui è soggetto il corpo umano non debba superare i 500-600 daN e ciò avviene normalmente con riferimento ad una massa di 100 Kg per una caduta libera di 4.00 metri.

Risulta inoltre necessario che la persona sospesa sia soccorsa nel minore tempo possibile, eseguendo la procedura di emergenza prevista nei documenti di valutazione del rischio.

CAPITOLO IV – CASO REALE DI PROGETTAZIONE

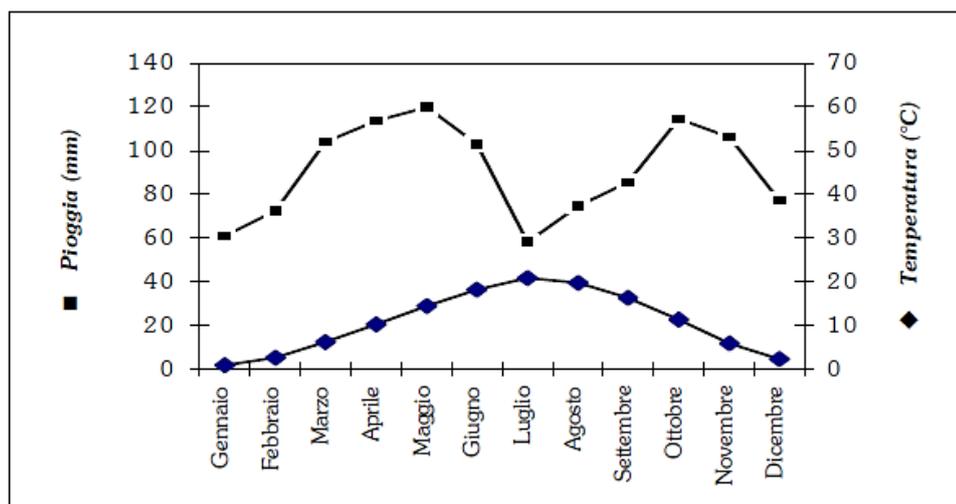
DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Caratteri termici, pluviometrici e geomorfologici del territorio

Il Comune di Cuneo, all'interno del quale si inserisce l'opera servita oggetto del presente capitolo, è sito allo sbocco della Valle Stura, all'estremo angolo sudoccidentale della Pianura Padana, risulta circondato da tre lati dalle Alpi Marittime e Cozie. Occupa un territorio la cui estensione è di circa 120 km², dalle caratteristiche altimetriche e morfologiche discretamente omogenee, legate all'assetto sub-pianeggiante dell'area.

Il punto più elevato del territorio comunale è situato in località Cascina Crocetta, posta sulla sponda sinistra del Torrente Gesso, a quota 610 m sul livello del mare, mentre il più basso si trova all'estremo nordorientale, lungo il corso dello Stura, a quota 415 m.

Il regime termico della zona è temperato-freddo, caratterizzato da moderate escursioni termiche. Gelo e precipitazioni nevose sono presenti per un numero di giorni fortemente variabile di anno in anno, con temperature minime che raramente scendono al di sotto di -10°C durante il mese di Gennaio e numero totale di giorni nevosi di circa 10. Le temperature massime possono raggiungere i 30÷35°, per brevi periodi, durante il mese di Luglio e occasionalmente in Agosto e Settembre. A tale proposito, si riporta di seguito il grafico attestante l'andamento delle piogge e temperature a Cuneo in tutti i mesi dell'anno:



*Figura 38 - Andamento annuale di piogge e temperature della città di Cuneo
– Relazione geologico termica – PRG Comune di Cuneo*

I caratteri termici e pluviometrici del territorio sono quindi favorevoli alla cantierizzazione senza che necessiti adottare particolari accorgimenti. Ai sensi del D.Lgs. 81/2008, però si ricorda

che i lavori in quota devono essere sospesi nel caso di condizioni meteorologiche avverse per la sicurezza dei lavoratori.

Per quanto riguarda l'aspetto geomorfologico del territorio, l'elaborato P8.7 a corredo del P.R.G. del Comune di Cuneo, permette di individuare gli ambiti ottimali in cui può svilupparsi l'attività edificatoria. Divide la città in classi di pericolosità geomorfologica, in funzione ai caratteri del territorio che imporrebbero limitazioni alle scelte urbanistiche/edilizie. Si riconosce dunque:

	CLASSE I	Porzioni di territori dove le condizioni di pericolosità geomorfologica sono tali da non imporre limitazioni alle scelte urbanistiche.
	CLASSE II	Porzioni di territorio a moderata pericolosità geomorfologica, edificabili con l'adozione di moderati accorgimenti tecnici.
	CLASSE IIb	Porzioni di territorio a moderata pericolosità in cui i fattori limitanti sono legati essenzialmente alle condizioni morfologiche degli stessi ed alla presenza di acque a bassa energia, in concomitanza di eventi idrometeorologici con Tr. 200-500.
	CLASSE III	Porzioni di territorio non edificate, caratterizzate da condizioni di pericolosità geomorfologica tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate, con l'eccezione delle aziende agricole secondo quanto indicato dalle N.T.A.
	CLASSE IIIa1	Porzioni di territorio a pericolosità elevata che presentano caratteri geomorfologici o idrogeologici tali da impedirne l'utilizzo qualora inedificate (dissesti quiescenti, aree con elevata propensione al dissesto).
	CLASSE IIIa2	Porzioni di territorio non edificate, caratterizzate da forme di attività geomorfologica recente od in atto (dinamica fluvio-torrentizia-dissesti) a pericolosità molto elevata, non utilizzabili ai fini urbanistici.
	CLASSE IIIb2	Porzioni di territorio edificate, nelle quali gli elementi di pericolosità geomorfologica e di rischio sono tali da imporre in ogni caso interventi di riassetto territoriale a tutela del patrimonio edilizio esistente. Nuove costruzioni, ampliamenti o completamenti saranno consentiti a seguito dell'attuazione degli interventi di riassetto territoriale.
	CLASSE IIIb3	Porzioni di territorio nelle quali a seguito della realizzazione degli interventi di riassetto territoriale sarà consentito solo un modesto incremento di carico antropico. Sono da escludersi nuove unità e completamenti.

Figura 39 -- Estratto legenda elaborato P8.7 - Tavola di zonizzazione del territorio con sovrapposizione delle classi di pericolosità geomorfologica- PRG Comune di Cuneo



Figura 40 - Estratto elaborato P8.7 - Tavola di zonizzazione del territorio con sovrapposizione delle classi di pericolosità geomorfologica- PRG Comune di Cuneo

Come è possibile evincere dalla figura precedente, il territorio in cui si concentra la maggiore edificazione della città, nonché area di interesse specifico per il presente caso reale di studio, appartiene alla classe di pericolosità I. Dunque i caratteri geomorfologici del territorio non costituiscono vincolo alcuno per le strutture, sono indice di una buona condizione di stabilità del territorio.

Inquadramento territoriale

Il lotto d’interesse fa parte dell’ambito di valorizzazione della città consolidata “VCC3”, area compresa tra le Vie E. Rosa, Avogadro, D.L. Bianco e Piazza Brunone Lanteri (ex zona F5), così definita dalle Norme di Attuazione – N.d.A. del P.R.G. del Comune di Cuneo. Tale zona si colloca all’interno del quartiere residenziale “Cuneo Nuova”, che sorge vicino al centro di Cuneo ed è delimitata da corso Giolitti e corso Galileo Ferraris lato Stura, da corso Brunet e via Dotta Rosso lato Gesso.



Figura 41 - Estratto satellitare città di Cuneo – Quartiere Cuneo Nuova - Google Maps, 2017

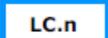
L'area normativa a cui appartiene l'isolato è indicata nella tavola n. 14 di Assetto Urbanistico del Piano Regolatore Generale del Comune di Cuneo (scala 1:5000), di seguito è riportato un estratto in corrispondenza della zona di interesse con la relativa legenda:

Ambiti di valorizzazione della Città Consolidata (VCC) - Art.44

 VCC - Ambiti di valorizzazione della Città Consolidata

Interventi di ristrutturazione urbanistica e lotti di completamento - Art.38

 RU - Ristrutturazione urbanistica

 LC - Lotti di completamento edilizio

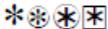
 Rimando alle N.d.A, in Tessuti residenziali, produttivi e direzionali

Figura 42 - Estratto legenda tavola di Assetto Urbanistico - PRG Comune di Cuneo

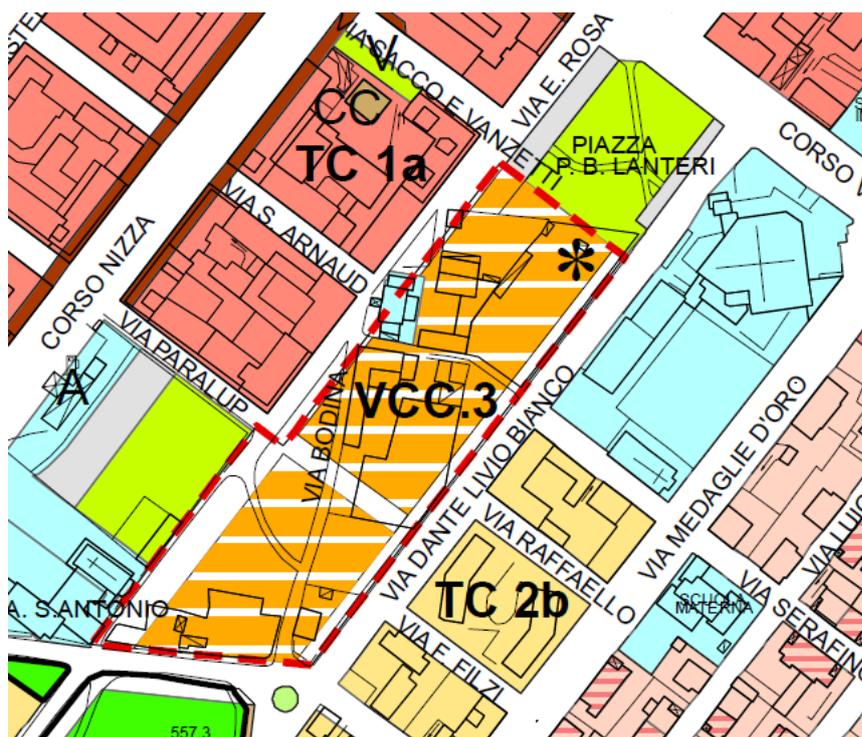


Figura 43 – Estratto tavola n. 14 di Assetto Urbanistico – PRG Comune di Cuneo

Ai sensi dell'art. 44 delle predette N.d.A., il lotto considerato è descritto come *area edificabile a 6 piani fuori terra + attico arretrato dal fronte principale sulla sagoma intersecante la diagonale a 45° dal filo dell'estradosso dell'ultimo solaio, con piastre commerciali ed ampi*

spazi verdi privati ad uso pubblico. In sede di Sue, per particolari esigenze architettoniche, il numero dei piani può essere modificato in più o in meno di un massimo di 2”.

Sulla base delle prescrizioni fornite dalla scheda d’ambito e da parametri edilizi specifici, nell’angolo Nord-Est dell’area considerata, nel 2011 hanno avuto inizio i lavori di costruzione dell’edificio in c.a. ad uso residenziale e terziario/commerciale che rappresenta l’intervento edilizio oggetto di studio a cui viene fatto riferimento nel presente capitolo.



Figura 44 –Estratto satellitare città di Cuneo – Ambito VCC3 – Google Maps, 2017

Descrizione dell’opera servita

L’edificio sito in Via Dante Livio Bianco, Cuneo (CN), si compone di nove piani fuori terra e tre interrati, di cui:

- *terzo piano interrato*: dedicato a n. 63 cantine;
- *secondo e primo piano interrato*: riservato a 77 garage e 17 parcheggi per moto;
- *piano terra e piano primo*: dedicati ciascuno a due ambienti per attività terziario/commerciali;
- *da piano secondo al piano quinto*: distribuzione interna in n. 8 unità residenziali;

- *dal piano sesto al piano settimo*: distribuzione interna in n. 6 unità residenziali;
- *piano ottavo*: attico arretrato dal fronte principale, internamente organizzato in n. 6 unità residenziali;
- *copertura*: presenza di spazi organizzati su due livelli, dedicati ad impianti tecnologici.

Il repertorio tipologico di soluzioni abitative è variegato, la distribuzione interna del fabbricato è in grado di soddisfare i differenti bisogni e desideri dei residenti, anche se appartenenti a categorie sociali ed economiche diverse. Difatti si distinguono tre tipologie di appartamento, che accontentano tutte le possibili esigenze:

- *Alloggio grande*: costituito da soggiorno, cucina, tre camere da letto e due servizi igienici. Estensione di (150 ÷ 200) m²;
- *Alloggio medio*: costituito da soggiorno, cucina, due camere da letto e un servizio igienico. Estensione di (100 ÷ 140) m²;
- *Alloggio piccolo*: costituito da cucina, una camera da letto e un servizio igienico. Estensione di (70 ÷ 75) m².

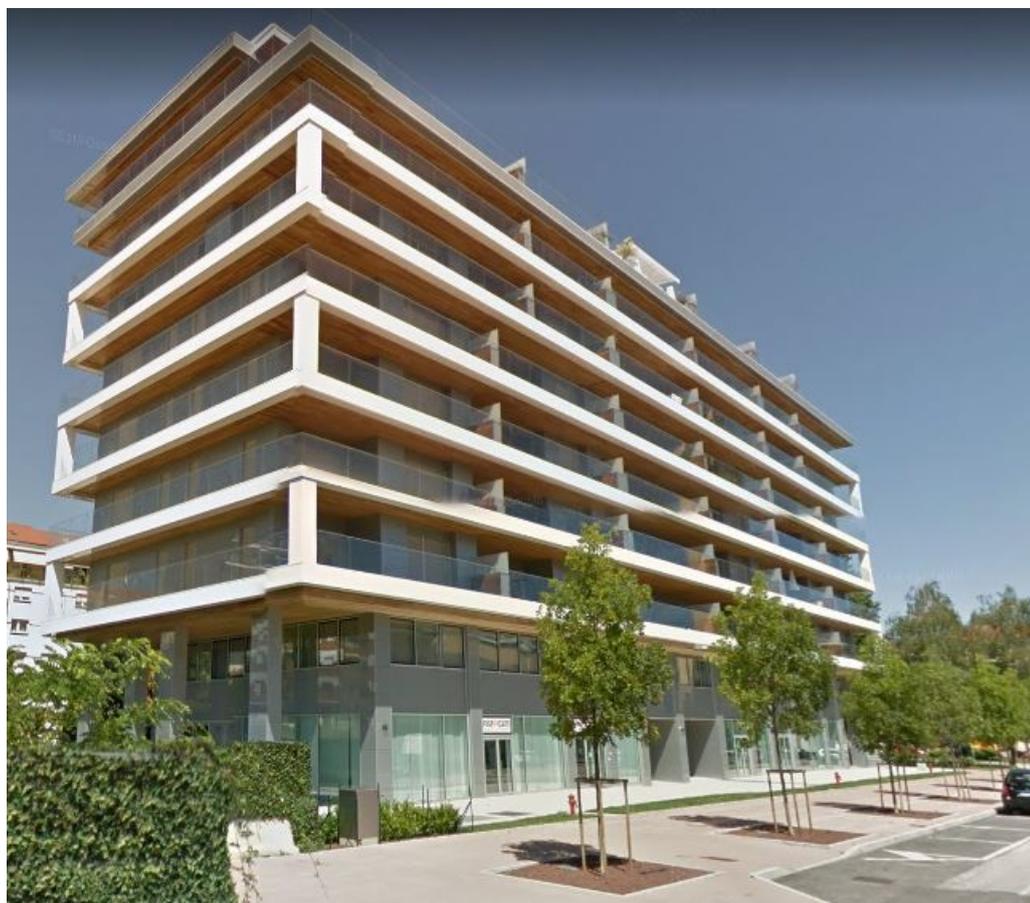


Figura 45 – Estratto satellitare città di Cuneo – Via Dante Livio Bianco, Cuneo – Google Maps, 2017

L'edificio è servito da tre corpi scala a cui è annesso ciascuno un vano ascensore, che permettono il raggiungimento di ogni piano abbattendo l'insorgenza di barriere architettoniche. L'accesso carrabile al primo e secondo piano interrato è permesso tramite una rampa di discesa rettilinea a due corsie, prevista sul lato Nord-Est dell'edificio, a cui vi è possibile accedere direttamente da Via Dante Livio Bianco, strada verso cui si affaccia il fronte del fabbricato.

La struttura arriva ad un'altezza complessiva di 35,65 m, il corpo edilizio è caratterizzato da sporgenze/rientranze che permettono di ottenere spazi fruibili esterni più o meno ampi. Nel complesso i balconi fanno assumere alla struttura una pianta perfettamente rettangolare (18,06 x 63,51) m. Dunque, complessivamente il fabbricato possiede una forma regolare e geometrica semplice.

PROGETTAZIONE E VERIFICA DEL PONTEGGIO METALLICO

Per i lavori di costruzione dell'edificio ad uso residenziale e terziario/commerciale descritto in precedenza, sito in Via Dante Livio Bianco, inserito all'interno dell'ambito "VCC3" del Comune di Cuneo, risulta necessario installare lungo tutto il perimetro un ponteggio metallico fisso.

Le caratteristiche dell'opera servita impongono l'adozione di un'opera provvisoria che abbia altezza superiore ai 20 m, vista l'altezza dell'edificio da costruire di 35,65 m. Come specificato nel Capitolo I, secondo l'art. 133 del D.Lgs. 81/2008, deve essere predisposto uno specifico progetto redatto e firmato da un ingegnere o architetto abilitato all'esercizio della professione, corredato di calcolo di resistenza e stabilità, quando lo schema del ponteggio da realizzare presenta difformità rispetto all'autorizzazione ministeriale. Nel caso specifico, poiché uno dei requisiti fondamentali affinché il ponteggio rientri negli schemi tipo risulta essere un'altezza massima della struttura di 20 m, si ricade all'interno della condizione sopracitata ed è quindi richiesta la progettazione della presente opera provvisoria.

Per effettuare in automatico la progettazione e le verifiche di resistenza e stabilità del presente ponteggio metallico fisso, si è deciso di adottare il software di calcolo "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi. Esso genera la relazione di calcolo e i disegni esecutivi d'insieme, con particolari e schede tecniche. Permette di risolvere le problematiche relative a tali strutture in acciaio in modo semplice ed immediato, è in grado di proporre soluzioni esaurienti ma allo stesso tempo lascia al progettista la possibilità di regolare tutti i parametri che governano sia l'input che il calcolo, nel pieno rispetto di tutte le prescrizioni normative trattate in precedenza. Perciò, tutte le verifiche di cui necessita un'opera provvisoria, risultano eseguite in modo automatizzato dal

processore di calcolo, in modo da rendere veloce ed efficace la progettazione e verifica del ponteggio. Il criterio di risoluzione della struttura, come previsto da normativa, risulta essere il metodo semplificato, in quanto la presente opera in acciaio viene progettata affinché risponda ai seguenti requisiti:

- snellezza aste principali inferiore a 200;
- almeno un ancoraggio ogni 22 m² di ponteggio;
- presenza di adeguate diagonali.

Dati di input

La prima schermata del programma “Ponteggi P.V.D.” propone il menu principale nel quale devono essere introdotti i dati necessari per definire le caratteristiche del ponteggio utilizzato, nonché dei tubi e degli impalcati che lo costituiscono:

The screenshot shows the software interface for defining scaffolding parameters. It features two radio buttons at the top: 'Pont. a Tubi e Giunti' (selected) and 'Pont. a Telai Prefabbricati'. Below this, there are input fields for 'Aste Principali del Ponteggio' (D = cm 4.83, d = cm 4.19), 'Aste Ponteggio a Telai Prefabbricati el. secondari' (D = cm, d = cm), and 'el. in Tubi e Giunti' (D = cm, d = cm). A section titled 'Ripiani Impalcati' includes checkboxes for 'Metallo' (checked) and 'Legno' (checked), with corresponding weight and thickness inputs. For 'Metallo', 'Peso Prop. = Kg/mq' is 18, and 'Per b = 1 metro: - Mod. di Resist. cm3' is 10. For 'Legno', 'Peso Prop. = Kg/mq' is 30, and 'Spessore Tavole cm' is 5. The text '- Tcr ganci appog. Kg' is 800.

Figura 46 - Definizione tubi e impalcati del ponteggio
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Tipologia del ponteggio: inizialmente viene richiesto di definire se si opera con un ponteggio a tubi e giunti o con un ponteggio a telai prefabbricati; variandone la tipologia il programma attiva o disattiva le opzioni relative ad una o l'altra categoria.

Per il ponteggio in oggetto e per gli elementi utilizzati viene fatto riferimento ai parametri dettati dall'industria di ponteggi di Nichelino (TO) NUOVA EDILCOMEC SRL – Ponteggi a Tubi e Giunti “ULISSE” - Autorizzazione Ministeriale Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 2/05/2003.

Aste del ponteggio: per poter definire le caratteristiche geometriche dei tubi con i quali si intende comporre l'opera provvisoria, è necessario fare riferimento alle indicazioni riportate nella tabella allegata alla sopraccitata autorizzazione ministeriale, che definisce tutte le caratteristiche geometrico-meccaniche delle aste.

TAB. 1A - DIMENSIONE DEI TUBI												
Si fa riferimento alla norma indicata solo per la determinazione delle tolleranze sui diametri e sullo spessore												
N° ORD.	NORMA DI RIFER.	DIAMETRO EST. d. (mm)					SPESSORE s. (mm)					IMPIEGO
		Ø / L NOM.	TOLLERANZE		DIAMETRO		SPESS. NOM.	TOLL. %		SPESSORE		
			+	-	MAX.	MIN.		+	-	MAX.	MIN.	
1	UNI EN 10219-2	48,3	0,5	0,5	48,8	47,8	3,2	10	5	3,52	3,04	Montanti, traversi, diagonali, correnti e barre di ancoraggio.
2	UNI EN 10219-2	38	0,5	0,5	38,5	37,5	4	10	5	4,4	3,8	Tubo basette regolabili.

TABELLA 2A																		
N°	PROFILI	DIMENSIONI (mm)	NORME	CARATTERISTICHE DI RESISTENZA								VALORI STATICI						
				Materiale	f_y 0,2 N/mm ²	f_t N/mm ²	All. % 5,65	All. % 50/80 mm	σ amm I cond. N/mm ²	σ amm II cond. N/mm ²	Peso Kg/m	A cm ²	Jmax cm ⁴	Jmin cm ⁴	Wmax cm ³	Wmin cm ³	i max cm	i min cm
1	Tubo	48,3 x 3,2	UNI EN 10219-2	S235JRH	≥ 235	340 - 470	≥ 17	-	160	180	3,56	4,53	11,59	11,6	4,8	4,8	1,6	1,6
2	Tubo	38 x 4	UNI EN 10219-2	S235JRH	≥ 235	340 - 470	≥ 17	-	160	180	3,35	4,27	6,26	6,26	3,29	3,29	1,21	1,21

Tabella 11 - Caratteristiche geometrico-meccaniche dei tubi del ponteggio

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Il programma, in caso di ponteggi a tubo e giunto, permette di definire solamente la tipologia di aste principali, escludendo le altre in quanto di pertinenza specifica dei ponteggi a telai prefabbricati.

Ripiani impalcati: tale sezione è atta a definire le caratteristiche degli impalcati da utilizzare nel ponteggio. Contrassegnando entrambi gli elementi il calcolo viene eseguito per l'elemento di maggiore peso, mentre le verifiche vengono effettuate per ambedue gli elementi selezionati. In questo modo il progettista si pone a favore di sicurezza, qualsiasi sia la disponibilità di impalcati dell'impresa che esegue il montaggio della struttura. Per gli impalcati in legno viene definito lo spessore delle tavole, che per normativa non può essere inferiore a 4 cm, e il peso proprio delle stesse. Per gli impalcati in metallo, oltre al peso proprio, viene definito il modulo di resistenza e il taglio critico "T_{cr}" di collasso dei ganci di appoggio riferiti ad un metro di larghezza. Quest'ultimo dato viene estrapolato dall'autorizzazione ministeriale del ponteggio come carico massimo di collasso del singolo ripiano.

Dopodiché il software apre una finestra nella quale è possibile inserire i dati caratteristici del ponteggio che si intende utilizzare ed in particolare permette di definire i carichi di collasso degli elementi e i coefficienti di sicurezza rispetto ai quali compiere le verifiche necessarie.

Sfoggia Archivio Libretti

Ponteggio a Tubi e Giunti NUOVA EDILCOMEC SRL schema da Costruzione "ULISSE"

Autorizzaz. Ministeriale n. Data:

Carichi di Collasso		Coefficienti di Sicurezza	
Montante Interno Kg	<input type="text" value="5658"/>	Verifica sic. Mont. pont.: N-col / N-es	<input type="text" value="2.5"/>
Montante Esterno Kg	<input type="text" value="4042"/>	Verifica sic. Aste second.: N-col / N-es	<input type="text" value="2.2"/>
Controvento di Facciata Kg	<input type="text" value="0"/>	Ver. Scorrimento Giunti: Sc-lim / Sc-es	<input type="text" value="1.5"/>
Corrente Interno Kg	<input type="text" value="0"/>	Ver. Sfilamento Tasselli: N-lim / N-es	<input type="text" value="2.5"/>
Diagonale di Piano Kg	<input type="text" value="0"/>	Altri Coeff. di Sicurezza	
Collegam. Assiale Montanti Kg	<input type="text" value="0"/>	Verifica sicurezza aste sfuse: N-col/N-es	<input type="text" value="2"/>
Stilata (resist. a taglio) Kg	<input type="text" value="0"/>	Ver. sicur. aste suppl. T/G pont.: Nc/N	<input type="text" value="2"/>

Figura 47 - Definizione ponteggio, carichi di collasso e coefficienti di sicurezza
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Carichi di collasso: per un ponteggio a tubi e giunti, come decretato per il caso studio specifico, il programma consente il solo inserimento dei carichi di collasso a compressione relativi al montante interno ed esterno dell’opera provvisoria. Gli altri valori non possono essere modificati in quanto risultano essere di pertinenza esclusiva di un ponteggio a telai prefabbricati. Per l’inserimento di tali due dati viene fatto riferimento a quanto riportato all’interno del libretto del ponteggio:

4.8.2. PONTEGGIO DA COSTRUZIONE.

Carico assiale massimo sul montante interno (daN)	1813
Carico assiale massimo sul montante esterno "	1215
Carico assiale massimo sulla stilata "	3028
Carico di collasso sul montante interno (daN)	5658
Carico di collasso sul montante esterno "	4042
Carico assiale massimo sulla stilata "	9700

Figura 48 – Carichi di collasso montante interno ed esterno
- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Coefficienti di sicurezza: il software dedica uno spazio dedicato a tutti i coefficienti minimi di sicurezza da rispettare nelle verifiche, distinti tra elementi propri del ponteggio, elementi

aggiunti in tubi e giunti e per le aste sfuse o singole. Questi dati vengono forniti automaticamente dal programma, i cui valori risultano esattamente quelli previsti da normativa e trattati nel Capitolo II, ma all'evenienza possono essere modificati in base alle indicazioni riportate nel libretto del ponteggio utilizzato.

Nella videata successiva il programma permette la definizione dei criteri di progetto che governano il calcolo della struttura, ovvero tutti i parametri che caratterizzano il materiale costitutivo e che regolano calcolo e verifiche dell'opera provvisoria.

The screenshot shows a software interface with two main sections: MATERIALI and VERIFICHE.

MATERIALI

- TIPO DI ACCIAIO DEL PONTEGGIO: Fe 360
- Sigma ammissibile: 1600 Kg/cm²
- Tau ammissibile: 923 Kg/cm²
- Tensione di snervamento: 2400 Kg/cm²
- % Maggioraz. Sigma-amm. x 2° e 3° C.d.C.: 12.5
- Modulo elastico dell'acciaio /1000: 2060 Kg/cm²
- Peso specifico dell'acciaio: 7850 Kg/mc
- Resistenza a Scorrimento dei giunti: 1355 Kg
- Incid. peso giunti per metro di Tubo: 0.8 Kg/ml
- N° dei correnti passamano (0-1-2): 2
- Sigma Amm. Ripiani in legno: 80 Kg/cm²
- Sigma Amm. Ripiani in Metallo: 1600 Kg/cm²
- Superf. Appoggi montanti sul terreno: 165 cm²
- Tensione Amm. terreno d'appoggio: 6 Kg/cm²

USURA TUBI

- Tubi nuovi
- Bassa (2%)
- Media (5%)
- Alta (10%)

VERIFICHE

- Eccentricità assiale di montaggio: 0.3 cm
- Eccentricità tra l'incrocio di due tubi: 5 cm
- Coeff. Beta per calcolo della lunghezza libera d'inflessione Montanti (L₀ = B*L): 1.1
- Lambda limite membrature principali: 200
- Grado di vincolo estremità trasversi (0=100): 35
- Coeff. combinazione di M sui montanti: 0.75
- Aliquota di vento trasmessa dei teli: 10 %
- % NEVE su impalcati (escluso l'ultimo): 20 %

CONDIZIONI DI CARICO DA ESAMINARE

- 1^ Cond. in esercizio (pp+acc.+vento)
- 2^ Cond. Fuori Serv. (pp.+%acc.+vento FS)
- 3^ Cond. Fuori Serv. (pp. + Neve)

MOMENTO DEL VENTO SUI MONTANTI

- Azione Ripartita
- Azione Concentrata

Calcolo coeff. Beta

Calcola B=B(EJ/L) aste del nodo -----> []

Figura 49 – Criteri di progetto
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

MATERIALI

Tipologia acciaio e caratteristiche di resistenza: la tipologia di acciaio di cui sono costituiti i tubi del ponteggio è facilmente determinabile dalla precedente Tabella 11, dalla quale si evince un acciaio tipo S235JRH (Fe360). Definito il materiale, le caratteristiche di resistenza delle aste sono facilmente determinabili:

Tipologia acciaio	Fe360
Sigma ammissibile	1600 kg/cm ²
Tau ammissibile	923 kg/cm ²
Tensione di snervamento	2400 kg/cm ²
% maggiorazione della tensione ammissibile per le verifiche di cui alla 2° e 3° C.d.C. (come da normativa)	12,5%
Modulo elastico dell'acciaio	2060000 kg/cm ²
Peso specifico dell'acciaio	7850 kg/m ³

Tabella 12 - Caratteristiche di resistenza dell'acciaio

Numero dei correnti passamano e usura dei tubi: il numero di correnti passamano è stato posto pari ad 2 in quanto, la conformazione del parapetto secondo il libretto del ponteggio Ulisse, prevede un corrente posto a 0,60 m e uno a 1,10 m rispetto la quota dell'impalcato. In questo modo è possibile ottenere lo schema desiderato:

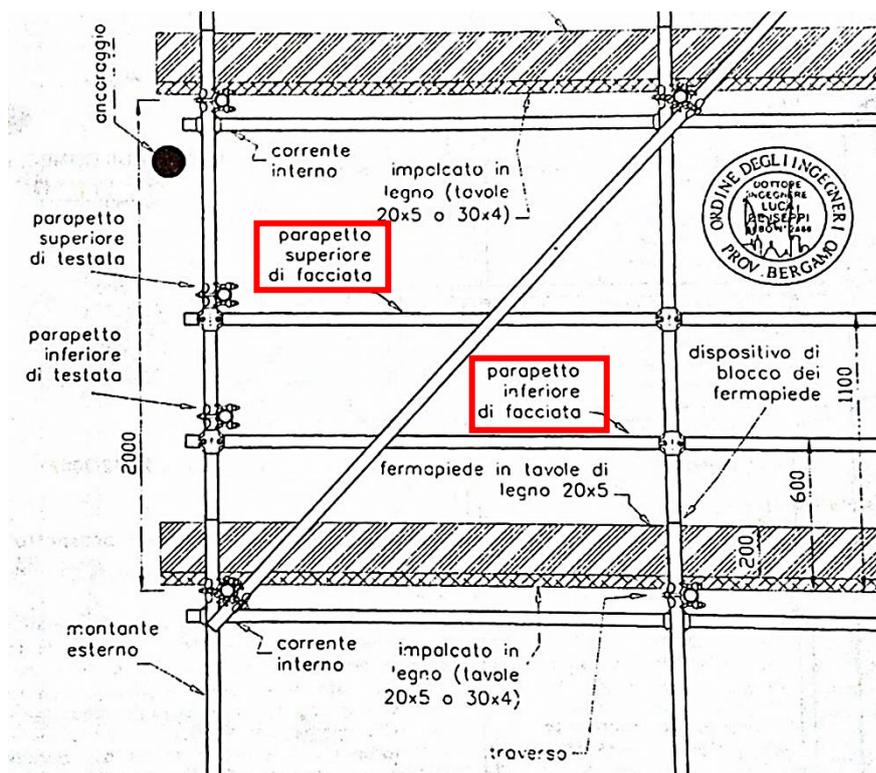


Figura 50 - Disposizione di parapetto

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Invece la percentuale che indica l'usura comporta nei calcoli una riduzione dello spessore dei tubi, tarato a 3,2 mm, a seguito del loro deterioramento nel tempo. Può assumere il valore, come indicato nel Capitolo II, dello 0% in caso di tubi nuovi, 2% per una usura bassa, 5% per una

usura media e 10% nel caso di tubi con una usura elevata. Ai fini del presente caso specifico, si considera che l'impresa che si occupa della fornitura e posa avrà cura di utilizzare materiale con, al più, un grado medio di usura ($\leq 5\%$) controllandolo preventivamente.

Giunti: il programma richiede di inserire il valore corrispondente alla resistenza a scorrimento dei giunti (frattile 5%) ed apre una finestra di testo dove propone i valori abbinati alle principali case produttrici, riportata di seguito.

RESISTENZA A SCORRIMENTO DI GIUNTI IN COMMERCIO	
a. GIUNTI ORTOGONALI:	
Dalmine tropicalizzato	Kg 1851
Dalmine stampato a freddo	Kg 1595
Dalmine stampato a caldo	Kg 1424
Dalmine protetto	Kg 1155
Borghesi	Kg 1552
Messersì tubo e giunto	Kg 1395
Cipriani	Kg 1320
Pilosio	Kg 1305
Goffi protetto non invecchiato ...	Kg 1275
Pontex	Kg 1155
Ponteur.....	Kg 856
b. GIUNTI ORT. + GIUNTO DI TENUTA:	
Dalmine stampato a caldo	Kg 3062
Dalmine protetto	Kg 3180
Borghesi	Kg 2722
Messersì tubo e giunto	Kg 3062
Cipriani	Kg 2290
Pilosio	Kg 2463
Goffi protetto non invecchiato ...	Kg 2695
Pontex	Kg 2722
Ponteur.....	Kg 2378

Figura 51 - Resistenza a scorrimento di giunti in commercio
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Poiché la casa produttrice considerata nel presente caso studio non rientra nell'elenco di figura, si fa riferimento a quanto indicato dalla relativa autorizzazione ministeriale, ponendolo pari a 1355 kg. Inoltre viene richiesta l'incidenza del peso dei giunti per metro lineare di tubi (0,8), tale parametro permette di conteggiare approssimativamente il peso di tali elementi nel ponteggio.

Sigma ammissibile dei ripiani: la tensione ammissibile assume un valore differente a seconda della tipologia di ripiano preso in considerazione. Nel caso dell'impalcato in legno, il parametro è estraibile dall'autorizzazione ministeriale della Nuova Edilcomec, la quale fornisce in merito i seguenti dati:

▪ Modulo di resistenza	W	83333	mm ³
▪ Momento di inerzia	J	2083333	mm ⁴
▪ Tensione ammissibile	σ_{amm}	8	N/mm ²

Figura 52 - Parametri impalcato in legno

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Differentemente l'impalcato metallico, realizzato in acciaio zincato con antiscivolo, si assume abbia tensione ammissibile pari a 1600 kg/m².

Terreno d'appoggio: il valore della superficie di appoggio dei montanti sul terreno viene posto pari all'area della basetta d'appoggio dei montanti stessi. Il ponteggio di marca Ulisse ha in uso basette fisse, come identificabile dallo schema riportato di seguito, aventi 14,5 cm di diametro da cui si può facilmente ricavare che:

$$\text{Area sup. di appoggio} = \frac{\varnothing^2}{4} \pi = \frac{14,5^2}{4} \pi = 165 \text{ cm}^2$$

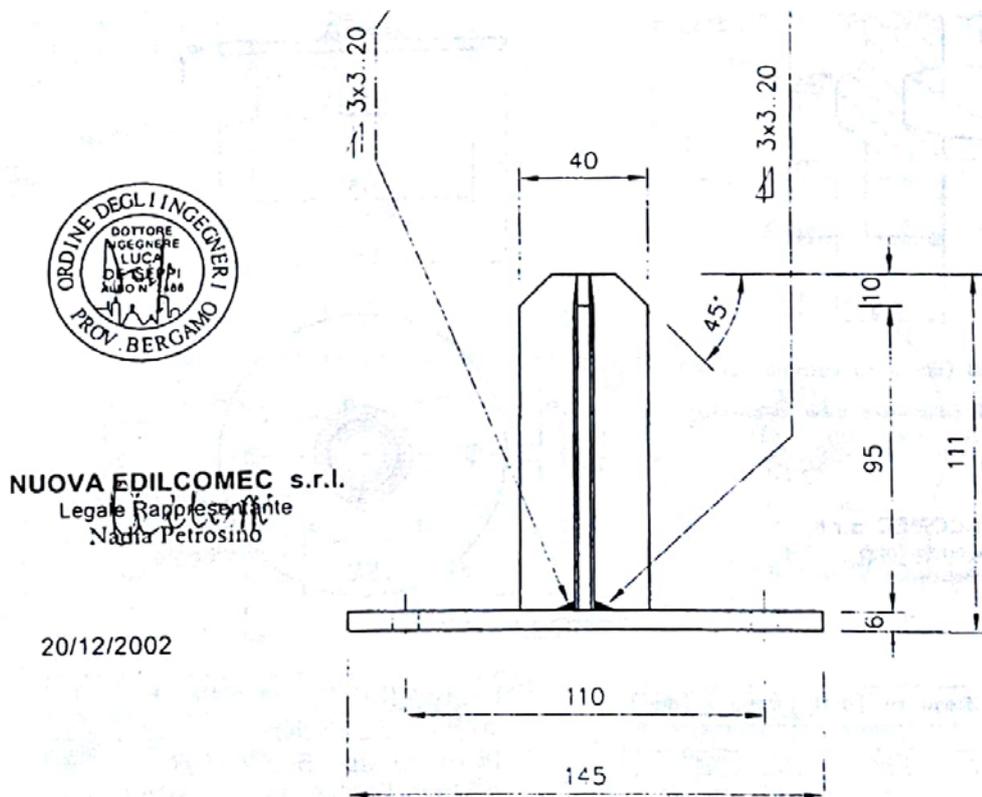


Figura 53 - Schema basette fisse

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Relativamente al terreno d'appoggio, è necessario inserire anche il dato inerente la tensione ammissibile dello stesso, che serve per definire la resistenza dell'appoggio su cui gravano le basette del ponteggio. Poiché il territorio cuneese è un terreno compatto e prevalentemente a grana grossolana, si è deciso di inserire il valore pari a 6 kg/cm².

Rocce compatte	basalti, graniti, porfidi, calcari duri, ecc.	➔	> 10 Kg/cm ²
Rocce tenere	calcari teneri, arenaria, tufi, ecc.	➔	6~10 Kg/cm ²
Terreni ghiaiosi		➔	3~6 Kg/cm ²
Terreni sabbiosi		➔	2~4 Kg/cm ²
Terreni argillosi		➔	0,4~3 Kg/cm ²
Terreni ordinari	strati di diversa natura	➔	1~1,5 Kg/cm ²

Figura 54 – Tensione ammissibile del terreno – Unina2,

http://www.architettura.unina2.it/docenti/areaprivata/documenti/3_Fondazioni.pdf

VERIFICHE

Condizioni di carico da esaminare: la struttura può essere verificata rispetto a tre diverse condizioni di carico, definite nel Capitolo II, e per ciascuna condizione vengono effettuate le analisi di tutte le varie membrature con riferimento alla normativa CNR-UNI 10011/88. Per cui, oltre alle normali verifiche di resistenza, vengono effettuate le verifiche di stabilità che tengono conto degli effetti destabilizzanti del secondo ordine. Il programma permette al progettista, selezionando una o l'altra condizione di carico, di omettere la 2^a o 3^a C.d.C. all'esigenza; nel presente caso studio, volendo garantire sicurezza e stabilità dell'opera provvisoria in tutte le possibili situazioni di accadimento, si eseguono i calcoli e le verifiche tenendo conto di tutte e tre le condizioni di carico sopracitate.

Aliquota vento trasmessa dai teli e momento del vento sui montanti: l'aliquota vento è il valore percentuale che rappresenta il grado di permeabilità del vento nei teli protettivi (nel caso in cui vengano adottati). Nel caso specifico la scelta progettuale prevede l'uso di teli che abbiano un buon effetto frangivista, che riducano la fuoriuscita di polvere, ma che allo stesso tempo consentano il ricircolo d'aria. Dunque per associare un valore realistico si è cercata la scheda

tecnica di una rete le cui prestazioni rispondessero a quanto voluto, se ne riporta di seguito un estratto da cui si evince che l'aliquota richiesta risulta pari al 10%:

Rete tessuta

TENAX COVERET H è una rete tessuta di colore bianco in polietilene ad alta densità (HDPE) a maglia quadrangolare dotata di asole di fissaggio, idonea per l'uso nella copertura di ponteggi. La rete è caratterizzata da resistenza massima a trazione in direzione longitudinale MD pari a 450 kg/m, da allungamento al picco MD pari al 35% e da porosità pari al 10%.

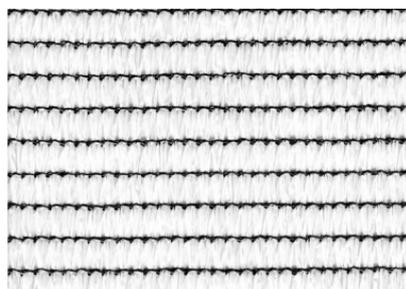


Figura 55 – Estratto scheda tecnica teli a rete Tenax COVERET H

– <http://www.tenax.net/costruzioni/copertura-di-ponteggi.htm>

Per ciò che riguarda il momento generato dal vento sui montanti, il software consente di scegliere se impostare il calcolo considerandolo una sollecitazione concentrata o uniformemente distribuita. Poiché normalmente nelle costruzioni viene considerato come un carico ortogonale alla superficie investita ed uniformemente distribuito su di essa, si decide di applicare tale azione nel caso studio seguendo lo stesso principio.

Percentuale neve su impalcati (escluso l'ultimo): tale valore serve per indicare al programma in quale percentuale di carico la neve deve occupare i ripiani del ponteggio, ad esclusione dell'ultimo (il più alto), in cui la neve sollecita la struttura al 100% del carico. Come buona norma, si adotta un parametro pari al 20% come suggerito dai criteri standard del programma.

Eccentricità e coefficienti per le verifiche: il programma permette al progettista di inserire e modificare i parametri rispetto ai quali il ponteggio considerato verrà analizzato e verificato. Nello specifico tali valori permettono l'individuazione delle azioni agenti sui montanti e di poterli verificare in quanto soggetti a pressoflessione; la procedura utilizzata è esattamente quella specificata nel Capitolo II, nel paragrafo relativo a tali elementi.

Stabilito il grado di vincolo dei traversi rispetto ai montanti dell'opera (35%), l'eccentricità assiale di montaggio (0,3 cm) legata al difetto di assialità verticale dei montanti e il coefficiente di combinazione di "M" su tali elementi (0,75), il programma è in grado di calcolare gli sforzi "N e M" agenti. Fatto salvo che l'eccentricità tra l'incrocio di due tubi può assumere un valore

massimo di 5 cm, risulterà ancora necessario stabilire il valore del coefficiente beta per il calcolo della lunghezza libera di inflessione dell'asta (1,1) e il valore di lambda limite (200), affinché i montanti possano essere adeguatamente verificati.

Per esaminare e/o verificare aste che non è possibile verificare in modo automatico, il software predispone una finestra dedicata, in cui comprende l'inserimento delle relative caratteristiche geometriche, coefficienti ed azioni imposte:

Asta 'A'							
Descrizione Asta (max 50 crt): Correntino Passamano				Lambda limite 250			
D est. = cm 4.83 d int= cm 4.19				Coefficiente Beta 1.1			
Lunghezza max cm 180				N = Kg 0 M = Kgm 14			
				Ncr [dal libretto] Kg 0			
Lambda	Omega	Sigma-N	Sigma-M	Sigma-id	Ncr/N		
125	2,2	0 Kg/cmq	316 Kg/cmq	316 Kg/cmq			
Asta 'B'							
Descrizione Asta (max 50 crt): Diagonali di facciata				Lambda limite 250			
D est. = cm 4.83 d int= cm 4.19				Coefficiente Beta 1.1			
Lunghezza max cm 300				N = Kg 216 M = Kgm 0			
				Ncr [dal libretto] Kg 0			
Lambda	Omega	Sigma-N	Sigma-M	Sigma-id	Ncr/N		
208	5,42	279 Kg/cmq	0 Kg/cmq	279 Kg/cmq	9,15		

Figura 56 – Parametri aste singole o sfuse
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Correnti passamano: per l'inserimento dei dati riguardanti i correnti passamano che costituiscono il parapetto del ponteggio, è necessario fare riferimento alle informazioni contenute all'interno dell'autorizzazione ministeriale, la quale fornisce i dettagli geometrici e di sollecitazione a cui l'elemento è soggetto.

4.8.2 Verifica del corrente di parapetto.

- tubo a sezione circolare d/s 48,3/3,2 mm
- Area della sezione A 453 mm²
- Momento d'inerzia J 115856 mm⁴
- Modulo di resistenza W 4800 mm³
- Interasse campata l 1,8 m

La verifica viene condotta per una azione Q = 300 N agente alla mezzeria del corrente. Sotto tale azione si ha

$$M_{\max} = 300 \cdot \frac{1,8}{4} = 135 \text{ Nm}$$

Figura 57 – Estratto dati geometrici e di sollecitazione correnti passamano
- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Stabilito il diametro interno ed esterno del tubo, la sua lunghezza massima (pari a quella di una campata del ponteggio), è necessario inserire il valore del coefficiente beta (1.1) e del lambda limite. Quest'ultimo, secondo normativa, per aste secondarie è possibile porlo pari a 250. Il valore di momento flettente massimo a cui è soggetto il corrente di parapetto, ricavato secondo la procedura indicata nella figura precedente, viene arrotondato a 14 kgm.

Diagonali di facciata: allo stesso modo dei correnti passamano, per l'inserimento dei dati inerenti alle diagonali di facciata, è necessario fare riferimento all'autorizzazione ministeriale che, una volta identificata l'azione sollecitante massima, calcola lo sforzo normale imposto all'elemento in funzione del suo angolo di inclinazione, arrotondato al valore di 216 kg.

Sotto l'azione del vento di fuori servizio parallelo all'opera servita l'azione massima è $F_p = 1448 \text{ N}$

a) Verifica di stabilità della diagonale di facciata

▪ tubo a sezione circolare	d/s	48,3/3,2	mm
▪ Area della sezione	A	453	mm ²
▪ Modulo di resistenza	W	4800	mm ³
▪ Raggio di inerzia	i	16	mm
▪ Lunghezza teorica dell'asta	l	2700	mm
▪ Snellezza	λ	169	
▪ Coefficiente amplificazione ¹	ω	3,68	
▪ Tensione critica euleriana ¹	σ_{cr}	71	N/mm ²
▪ Angolo di inclinazione rispetto al corrente	α	48	°
▪ Eccentricità dell'asse della diagonale rispetto al vincolo	e	53	mm

¹ Vedi tabelle 7-IIa e 7-VII della Norma CNR 10011/97

La sollecitazione sulla diagonale è:

$$F_{df} = \frac{F_p}{\cos(\alpha)} = \frac{1448}{\cos(48^\circ)} \cong 2163 \text{ N}$$

Figura 58 - Estratto dati geometrici e di sollecitazione diagonali di facciata
- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Modellazione del ponteggio

Il ponteggio metallico fisso considerato nel presente caso studio risulta rientrante nella categoria dei ponteggi da costruzione, i suoi elementi costitutivi assumono le caratteristiche riportate nell'autorizzazione ministeriale del ponteggio Tubi e Giunti della NUOVA EDILCOMEC SRL, tipo "ULISSE" e serve il fabbricato lungo tutto il suo perimetro. Tale struttura si adatta geometricamente all'opera servita, tiene conto delle esigenze del cantiere e delle lavorazioni da compiere su ciascuna facciata dell'edificio. Per questi motivi il ponteggio considerato assume una conformazione geometrica e caratteristiche diverse in funzione del prospetto considerato, pur mantenendo invariati i parametri di input definiti nel precedente paragrafo in ogni suo punto. Perciò è possibile distinguere:

- Ponteggio metallico su prospetto Sud-Est;
- Ponteggio metallico su prospetto Sud-Ovest.
- Ponteggio metallico su prospetto Nord-Ovest;
- Ponteggio metallico su prospetto Nord-Est;

Ai fini dell'elaborazione di tesi si ritiene opportuno approfondire con calcoli e verifiche le opere provvisorie relative ai prospetti Nord-Ovest e Sud-Est. La loro analisi risulta più interessante rispetto alle altre perché sono più imponenti, in quanto servono le facciate dell'edificio di estensione maggiore e inoltre perché si distinguono per una conformazione e/o elementi particolari.

Ponteggio metallico su Prospetto Sud-Est

Si assume, per il calcolo del ponteggio presente sul prospetto Sud-Est dell'edificio, lo schema riportato in Allegato A che, affinché serva efficacemente l'intero prospetto dell'opera, deve possedere la seguente conformazione geometrica:

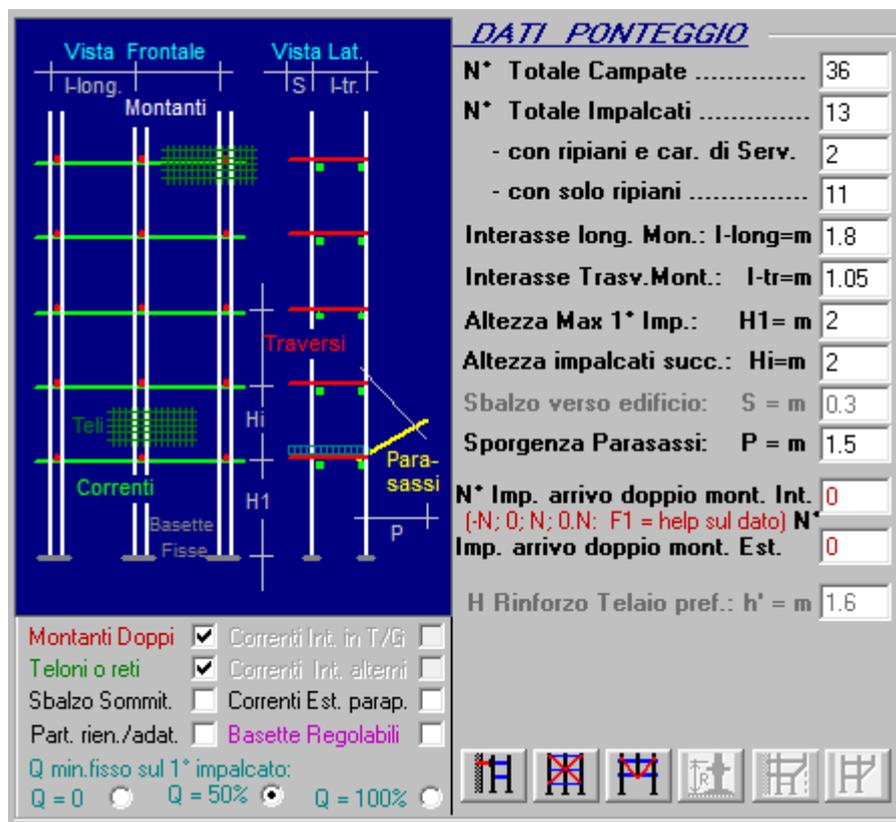


Figura 59 – Dati geometrici e disposizione elementi ponteggio Sud-Est
 - Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Geometria: lo schema prevede elementi in tubo e giunto con un massimo di 36 campate e 13 impalcati, con interpiano pari a 2,00 m. L'interasse longitudinale tra i montanti (campo) risulta essere di 1,80 m, l'interasse trasversale (stilata) di 1,05 m con uno sbalzo di 0,30 m verso l'opera servita. Per i calcoli e le conseguenti verifiche del ponteggio metallico, come previsto da normativa, si assume un piano con carico massimo di 300 daN/m² e i due successivi a 150 daN/m². Il programma però non consente di effettuare tale distinzione, perciò si ricorre all'escamotage di porre due impalcati a pieno carico e i restanti undici al solo peso dovuto ai ripiani in legno o metallo.

Ai sensi dell'art. 129 del D.Lgs. 81/2008, a protezione della caduta dei materiali dall'alto, viene posta una mantovana parasassi in corrispondenza del solaio di copertura del piano terreno, ovvero del secondo impalcato, che deve essere ripetuta ogni 12,00 m in altezza. Tale elemento di protezione, come previsto negli schemi allegati all'autorizzazione ministeriale dell'opera provvisoria, sporge verso l'esterno di 1,50 m.

Montanti doppi: nel caso studio analizzato, in quanto il ponteggio risulta essere di grandi dimensioni, si richiede al software l'inserimento di montanti doppi, che opportunamente collegati sono in grado di resistere ad elevate sollecitazioni. Il programma consente al progettista di inserire la quota alla quale deve arrivare il doppio montante, differenziando quello interno da quello esterno; tale dato può assumere quattro sintassi differenti:

- - N = i doppi montanti vengono progettati con altezza minima pari a "N";
- 0 = i doppi montanti vengono progettati per l'altezza strettamente necessaria;
- N = i doppi montanti vengono progettati fino alla quota massima "N";
- 0.N = i doppi montanti vengono impostati alla quota "N" indipendentemente dall'esito delle verifiche, anche se non strettamente necessari.

Per una lettura più efficace dell'output, si decide di apportare il valore "0", in modo che sia il software stesso a comunicare quale sia l'altezza del doppio montante interno ed esterno strettamente necessaria per sopperire alle sollecitazioni gravanti.

Teloni o reti: selezionando questa opzione il programma abilita la possibilità di montare nel ponteggio le reti protettive descritte nel paragrafo precedente. Durante la definizione dei criteri di progetto è stato possibile associargli un'aliquota relativa alla permeabilità al vento, che consente

di poter definire quale sia la maggiore sollecitazione imposta agli ancoraggi del ponteggio causata dal sistema teli-vento.

Carico fisso minimo "Q" nel sottoponte: è possibile fissare un carico minimo che resta sempre attivo nel sottoponte (implacato di raccordo con il parasassi o primo impalcato) nella percentuale di 0%, 50% o 100% del carico di esercizio. Nel caso specifico viene fissato pari al 50%, come previsto da normativa, affinché le verifiche del ponteggio per la 2^a C.d.C. siano svolte correttamente.

Nella finestra relativa ai "dati geometrici e alla disposizione degli elementi" vi sono ulteriori parametri che il programma permette di selezionare in caso di ponteggio metallico a tubi e giunti, come lo sbalzo sommitale, la partenza rientrata o di adattamento, i correnti esterni a parapetto e le basette regolabili. Poiché non sono rappresentativi dello schema adottato per l'opera provvisoria in questione, non vengono contrassegnati e quindi non sono considerati dal software nei calcoli e nelle verifiche.

Successivamente è necessario stabilire l'entità delle azioni esterne che sollecitano il ponteggio, ovvero il carico neve, vento e di servizio, la cui combinazione genera le tre condizioni di carico rispetto le quali la struttura metallica viene analizzata. Il valore di tali sollecitazioni viene calcolato automaticamente dal programma seguendo la procedura dettata da normativa e indicata nel Capitolo II, paragrafo Azioni sollecitanti.

Carichi Neve Vento e di Servizio	
Regione:	Piemonte
Calcolo Azioni	
Coefficiente di forma:	0.8
Quota S.L.M.: m	534
Q neve = Kg/mq	208
Tipologia del sito per calcolo vento:	
V. Collina o pianura con molti ostacoli; centri abitati molto edificati	
Altezza struttura per calcolo azione del vento	26
Vento in Serv.: Kg/mq	20
Vento fuori Serv.: Kg/mq	80
Classe lavoro da eseguire:	4: Lavori di costruzione
Q servizio Kg/mq	300
Carico Concentrato per verifica locale impalcato Kg	120

Figura 60 – Carico neve, vento e di servizio ponteggio Sud-Est
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Carico neve: inizialmente il software richiede di immettere la regione in cui si colloca il sito in cui viene montato il ponteggio (Cuneo - Piemonte) e l'altitudine a cui si attesta sul livello del mare (Comune di Cuneo – 534,00 m S.L.M.), dati necessari per determinare il valore del carico

neve al suolo. Dopodiché dal prodotto tra il coefficiente di forma dell'impalcato (0,8) e il carico neve al suolo, automaticamente genera il valore del carico neve (Q neve).

Carico vento: sulla base della classificazione effettuata dalla norma, funzione della rugosità del suolo, è possibile definire una delle cinque tipologie del sito dove è posta la struttura da verificare, nel caso specifico si ha a che fare con una zona pianeggiante di un centro abitato intensamente edificato. Per cui, definita l'altezza del ponteggio (26,00 m), è possibile determinare l'azione dovuta al vento sia in condizioni di servizio che in condizioni di fuori servizio.

Carico di servizio: la definizione di tale azione è notevolmente semplificata dal fatto che, una volta stabilita che la classe di carico sia quella di un ponteggio da costruzione, il valore del carico di servizio è generato automaticamente, risulta pari al valore tabellato ed imposto da normativa (300 kg/m²). Nella parte finale della sezione è possibile definire un'azione concentrata (120 kg), che viene utilizzata dal programma per eseguire una verifica locale degli impalcati, con la predetta azione posta in mezzeria.

Tramite una apposita icona si accede alla sezione dedicata agli ancoraggi del ponteggio, che permette di gestire il posizionamento degli stessi in facciata e le loro caratteristiche geometrico – meccaniche:

The screenshot displays the software interface for configuring anchorage details. At the top, there are two main sections: "Giunti x Verif. scor." and "Disposizione Verticale".

- Giunti x Verif. scor.:** Includes radio buttons for "Singolo" (selected) and "Doppio", and input fields for "N° Piani tra 2 Ancor." (value: 2) and "N° Camp. tra 2 Anc." (value: 2).
- Disposizione Verticale:** Includes radio buttons for "Modulare" and "Fissa" (selected), and input fields for "Quota 1° fila ancoraggi" (value: 4) and "Interasse Vert. Ancorag." (value: 3.5).

Below these are four panels, each titled "ANCORAGGI" and featuring a diagram and a set of options:

- Top Left Panel (Ring):** Diagram shows a ring anchorage. Options: "Anello" (selected), "Cravatta", "Tassello", "Vitone a contrasto". Input: "Azione Min. sugli ancoraggi Kg" (300), "Diam. tondino mm" (16), "Res. a trazione ... Kg/cm²" (1250).
- Top Right Panel (Cravatta):** Diagram shows a strap anchorage. Options: "Anello", "Cravatta" (selected), "Tassello", "Vitone a contrasto". Input: "Azione Min. sugli ancoraggi Kg" (300).
- Bottom Left Panel (Tassello):** Diagram shows a wedge anchorage. Options: "Anello", "Cravatta", "Tassello" (selected), "Vitone a contrasto". Input: "Azione Min. sugli ancoraggi Kg" (300), "Res. ad Estrazione Kg" (4900).
- Bottom Right Panel (Vitone a contrasto):** Diagram shows a nut-and-washer anchorage. Options: "Anello", "Cravatta", "Tassello", "Vitone a contrasto" (selected). Inputs: "Azione Min. sugli ancoraggi Kg" (300), "Lunghezza L= cm" (empty), "N° Vitoni (0,1,2)" (0), "Distanza Ancor. P= cm" (empty).

Figura 61 - Dati ancoraggio ad anello, cravatta, tassello e vitone a contrasto ponteggio Nord-Ovest

- Programma "PonteGGIO P.V.D." di Michele Sanginisi

Nello specifico ci si assicura che vi sia un ancoraggio minimo ogni 22 m² di ponteggio, quindi se ne dispone uno ogni due campi, in modo che la prima fila ricada alla quota del solaio di copertura del piano terreno (4,00 m) e le successive alla quota dei solai sovrastanti (ogni 3,50 m). I giunti utilizzati per contrasto a scorrimento sono di tipo semplice/singolo.

Gli ancoraggi hanno la funzione di stabilizzare il ponteggio, e oltre ad evitare l'allontanamento della struttura dalla superficie servita, evitano anche l'avvicinamento del ponteggio alla stessa. Fra questi si riconoscono:

Ancoraggio ad anello: viene realizzato mediante una legatura con tondino di ferro ad una parte stabile della superficie servita. Le caratteristiche riportate nella relativa sezione del programma sono estrapolate dalla autorizzazione ministeriale usata come riferimento.

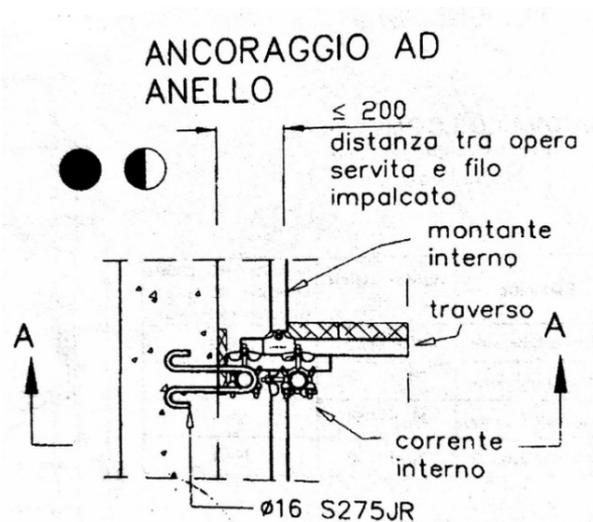


Figura 62 – Schema ancoraggio ad anello

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Ancoraggio a cravatta: viene realizzato mediante tubi e giunti che si “avvolgono” ad una parte stabile dell’edificio (pilastri, parapetti in c.a. etc.), dunque non necessita di particolari altri elementi da dover definire.

Ancoraggio a tassello: realizzato con l’inserimento nella parete servita di sistemi di tassellatura meccanica o chimica. Poiché nel libretto del ponteggio non sono state trovate informazioni specifiche al riguardo, si è proceduto nella ricerca di una scheda tecnica che permettesse di ottenere dei parametri realistici:

CARICHI

Ancorante per ponteggi GP Ø 50

Carico medio a rottura¹⁾ per un ancorante singolo.

Tipo		GP 50 TA M 12
Carico medio a rottura per trazione nei rispettivi materiali di supporto $F_{Rd}^{2)}$		
Calcestruzzo	≥ C20/25 [kN]	49,0

Figura 63 - Estratto scheda tecnica tasselli di ancoraggio Fischer

– <http://www.fischeritalia.it/gruppo-prodotti/fissaggi-per-ponteggi-e-occhioli/>

Ancoraggio con vitone a contrasto: viene realizzato inserendo in una apertura un tubo provvisto di vite e serrando opportunamente. La resistenza è affidata al grado di attrito tra basetta del tubo e supporto. Poiché però risulta essere un sistema di ancoraggio poco utilizzato, si decide di escluderlo dalle verifiche, ponendo pari a zero il numero di vitoni da inserire.

Nonostante nello schema del presente ponteggio metallico sia indicato l'uso di ancoraggi a tassello, perché preferiti agli altri, si lascia libertà al programma di eseguire i calcoli e le verifiche per tutte le tipologie di ancoraggio (ad esclusione del vitone a contrasto). In questo modo, nel caso in cui l'impresa montatrice ancori l'opera provvisoria con un altro sistema, il ponteggio risulta ugualmente in sicurezza.

Attraverso altre due icone dedicate, è possibile definire il sistema di controventatura utilizzata e il passo carraio di cui necessita il ponteggio per motivi organizzativi/logistici di cantiere:

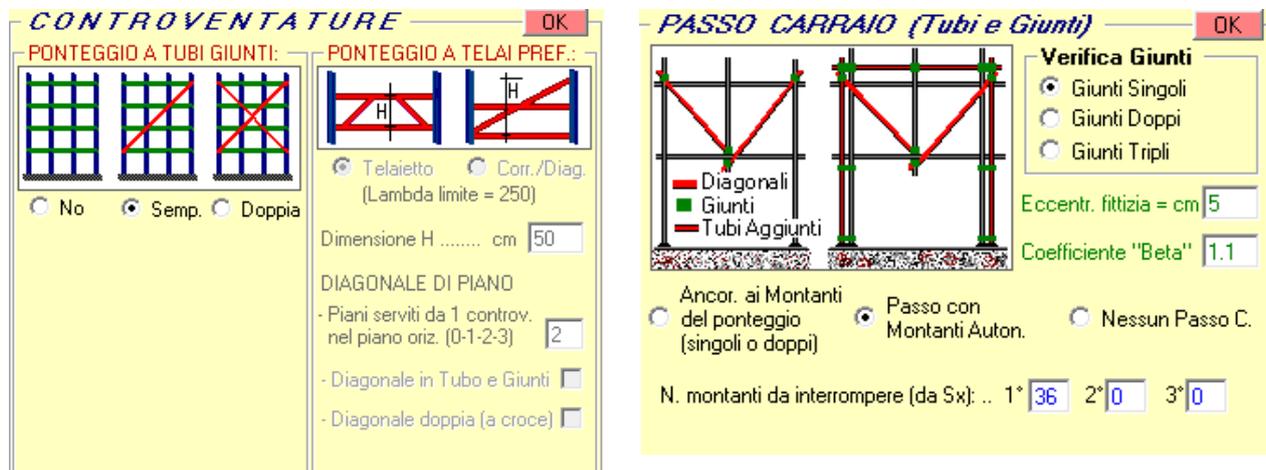


Figura 64 - Controventature e passo carraio ponteggio Sud-Est

- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Controventature: in caso di tubi e giunti il software permette di scegliere se non adottare nessun tipo di controventatura, oppure apporne una semplice o doppia. Nella pratica di montaggio risulta più difficile realizzare una controventatura doppia, in quanto i traversi a cui si ancorano gli elementi diagonali dovrebbero avere uno sbalzo maggiore verso l'esterno del ponteggio, affinché vi sia lo spazio necessario per ospitare i due giunti di ammorsamento posti in serie. Inoltre l'eccentricità del giunto dell'elemento diagonale più esterno sarebbe elevata e genererebbe una sollecitazione di momento. Quindi, per i motivi sopracitati, si decide di adottare una controventatura semplice.

Passo carraio: per non gravare ulteriormente sui montanti adiacenti, il passo carraio viene progettato in modo che le azioni della stilata sospesa (penultima, ovvero 36° montante da sinistra) siano trasferite a montanti supplementari affiancati a quelli del ponteggio, si parla quindi di un passo carraio a montanti autonomi. Si decide di adottare giunti semplici, si pone una eccentricità fittizia di disassamento dei tubi del passo carraio di 5 cm e un coefficiente beta pari a 1,1 per simulare la rigidità dei nodi della struttura.

Una volta definiti tutti i parametri di input che richiede il programma "Ponteggi P.V.D.", viene lanciato il calcolo della struttura che, in modo automatico, esegue un controllo completo riguardante le eventuali inosservanze dei requisiti normativi e l'esito delle verifiche delle varie membrature. Durante questo processo, nel caso specifico, sono state riscontrate le seguenti mancanze:

- Tensione sul terreno del montante interno ed esterno $>$ σ del terreno;
- Superamento del limite massimo consentito per lo scorrimento del giunto del montante sospeso del passo carraio;
- Diagonale interna ed esterna del passo carraio non verificata.

Per sopperire alle mancate verifiche, si apportano le adeguate correzioni nella progettazione dell'opera provvisoria e quindi nell'immissione dei dati di input all'interno del software di calcolo. Si procede come segue:

1) Tensione sul terreno del montante interno ed esterno $>$ σ del terreno: per evitare che la tensione scaricata a terra dalle basette dei montanti risulti maggiore della tensione ammissibile del terreno di appoggio, è necessario distribuire su una superficie più estesa il carico gravante. E' consuetudine porre, sotto le basette fisse dei montanti, dei tavolati in

legno aventi le medesime caratteristiche dei tavolati utilizzati negli impalcati del ponteggio. Essi, avendo maggiori dimensioni rispetto la superficie di appoggio della basetta, determinano una diminuzione delle tensioni applicate a parità di carico gravante.

I tavolati presentano una dimensione pari a (20x200) cm con spessore di 5 cm, ma sfruttando l'elemento sia per il montante interno che per quello esterno, la superficie di pertinenza di ciascun montante risulta pari a 2000 cm² (metà della superficie totale della tavola di ripartizione del carico):

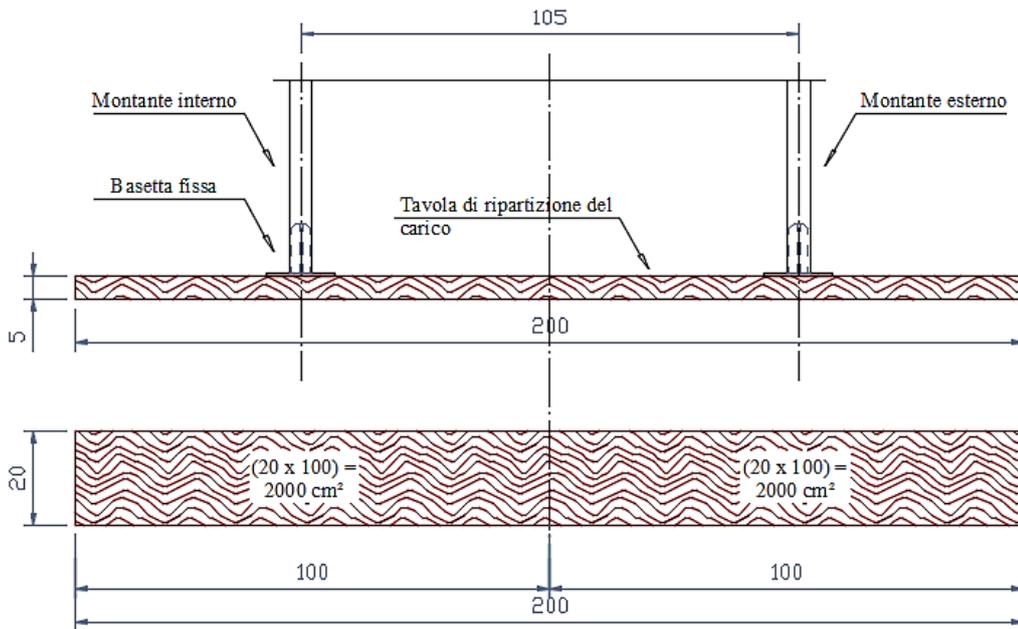


Figura 65 - Schema superficie di pertinenza della tavola di ripartizione del carico

Dopodiché si procede alla correzione del parametro relativo all'interno della maschera dei criteri di progetto:

Resistenza a Scorrimento dei giunti	Kg	1355
Incid. peso giunti per metro di Tubo	Kg/ml	0.8
N° dei correnti passamano (0-1-2)		2
Sigma Amm. Ripiani in legno	Kg/cmq	80
Sigma Amm. Ripiani in Metallo	Kg/cmq	1600
Superf. Appoggi montanti sul terreno ...	cmq	2000
Tensione Amm. terreno d'appoggio:	Kg/cmq	6
USURA TUBI		
<input type="radio"/> Tubi nuovi	<input type="radio"/> Bassa (2%)	<input checked="" type="radio"/> Media (5%)
		<input type="radio"/> Alta (10%)

Figura 66 - Correzione criteri di progetto ponteggio Sud-Est
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

2) Superamento del limite massimo consentito per lo scorrimento del giunto del montante sospeso del passo carraio e diagonale interna ed esterna del passo carraio non verificata: la mancata verifica allo scorrimento dei giunti singoli del montante sospeso e delle diagonali del passo carraio risulta strettamente collegata difatti, con una resistenza a scorrimento maggiore dei giunti o con l'utilizzo di un numero maggiore di giunti, le sollecitazioni di tenso-flessione apportate dal montante sospeso sulle diagonali diminuiscono. Poiché variare la resistenza a scorrimento dei giunti implicherebbe l'utilizzo di una marca differente e quindi discostarsi dalla fornitura degli elementi della Nuova Edilcomec Srl, si agisce direttamente sulla progettazione del passo carraio, prevedendo giunti doppi invece che singoli.

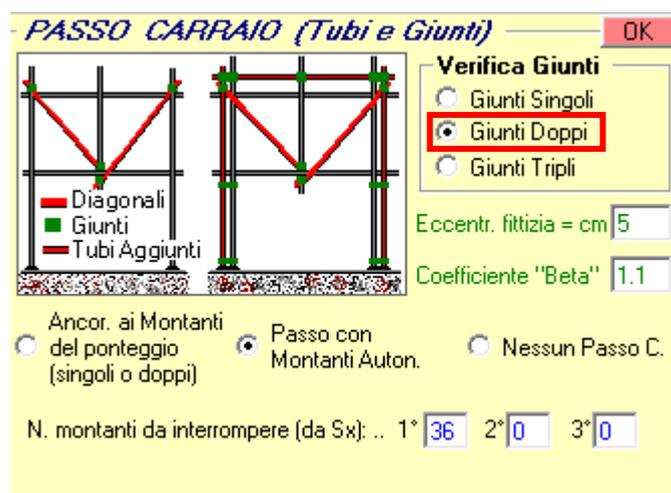


Figura 67 – Correzione passo carraio ponteggio Sud-Est
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Apportando le predette correzioni, il ponteggio metallico realizzato lungo la facciata Sud-Est dell'edificio in costruzione, risulta progettato e verificato in ogni suo punto. Il software permette di ottenere successivamente in output una relazione completa di tabulati e i risultati in forma grafica e testuale.

Ponteggio metallico su prospetto Nord-Ovest

Il prospetto Nord-Ovest dell'edificio in costruzione, differentemente dal caso precedente, ha necessità di un'opera provvisoria più elevata in altezza e che, per necessità di gestione/logistiche di cantiere, ospiti piazzole di carico atte a servire ogni solaio del fabbricato. Dunque, come si evince dallo schema riportato in Allegato A, affinché la facciata dell'edificio sia adeguatamente servita, il ponteggio metallico deve assumere la seguente conformazione:

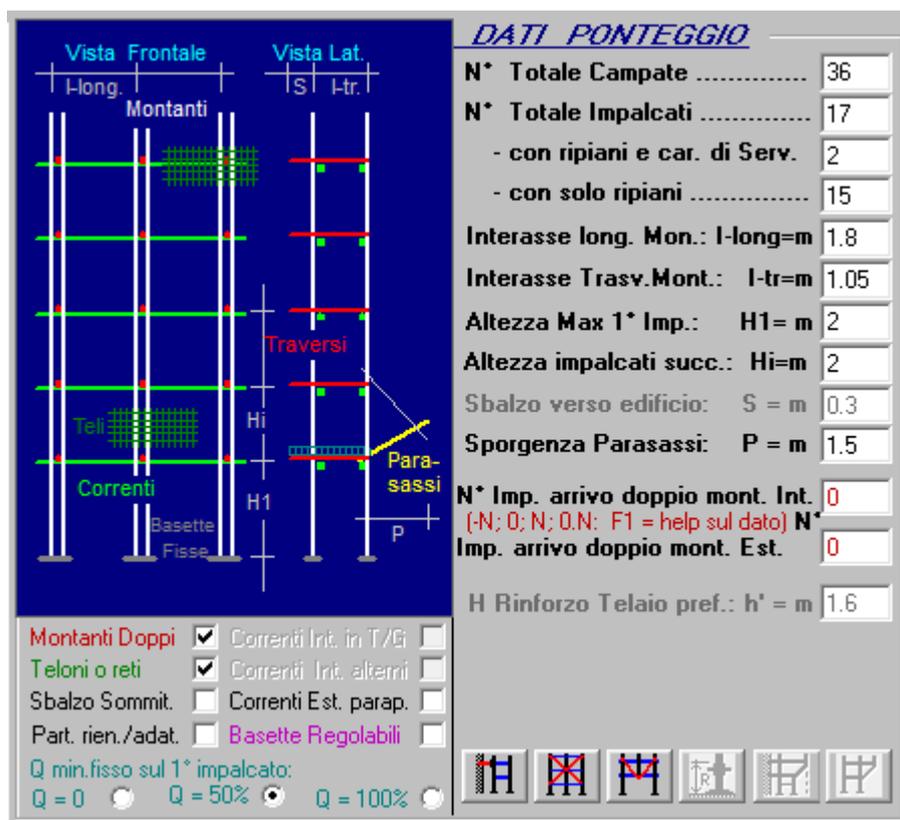


Figura 68 - Dati geometrici e disposizione elementi ponteggio Nord-Ovest
- Programma "PonteGGIO P.V.D." di Michele Sanginisi

Geometria: lo schema prevede un ponteggio a tubi e giunti con un massimo di 36 campate e 17 impalcati, con interpiano pari a 2,00 m. L'interasse longitudinale tra i montanti (campo) e trasversale (stilata), come nel prospetto Sud-Est, risulta essere rispettivamente di 1,80 m e 1,05 m, con uno sbalzo di 0,30 m verso l'opera servita. In linea con le prescrizioni normative, si assume un piano con carico massimo di 300 daN/m² e i due successivi a 150 daN/m². Il programma però non consente di effettuare tale distinzione, perciò si ricorre all'escamotage di porre due impalcati a pieno carico e i restanti quindici al solo peso dovuto ai ripiani in legno o metallo.

Ai sensi dell'art. 129 del D.Lgs. 81/2008, a protezione della caduta dei materiali dall'alto, viene posta una mantovana parasassi in corrispondenza del solaio di copertura del piano terreno, ovvero del secondo impalcato, che deve essere ripetuta ogni 12,00 m in altezza. Tale elemento di protezione, come previsto negli schemi allegati all'autorizzazione ministeriale dell'opera provvisoria, sporge verso l'esterno di 1,50 m.

Montanti doppi: nel caso specifico, poiché si deve calcolare e verificare un ponteggio metallico di grandi dimensioni, nella sezione dedicata si spunta l'opzione relativa all'inserimento

di montanti doppi, sia esterni che interni. L’inserimento del dato all’interno delle caselle specifiche segue la sintassi utilizzata dal software, ponendo un valore pari a “0” i doppi montanti vengono progettati per l’altezza strettamente necessaria, in modo che sia il software stesso a comunicare quale sia la quota adeguata del doppio montante per sopperire alle sollecitazioni gravanti.

Teloni o reti e carico fisso minimo “Q” nel sottoponte: per le medesime motivazioni esplicate nel paragrafo dedicato all’opera provvisoria Sud-Est, si richiede al programma l’adozione di teloni o reti protettive con una permeabilità al vento del 10% e l’applicazione di un carico minimo che resti sempre attivo nel sottoponte (impalcato di raccordo con il parasassi o primo impalcato), fissato pari al 50% del carico di esercizio, che necessita per impostare la 2^C.d.C..

Nella finestra relativa ai “dati geometrici e alla disposizione degli elementi” vi sono ulteriori parametri che il programma permette di selezionare in caso di ponteggio metallico a tubi e giunti, come lo sbalzo sommitale, la partenza rientrata o di adattamento, i correnti esterni a parapetto e le basette regolabili. Anche in questo caso, poiché tali elementi non sono stati applicati nello schema adottato per l’opera provvisoria considerata, non vengono contrassegnati e quindi non sono considerati dal software nei calcoli e nelle verifiche.

Successivamente, affinché il programma generi correttamente le tre combinazioni di carico per la verifica del ponteggio, è necessario stabilire l’entità delle azioni esterne sollecitanti, ovvero il carico neve, vento e di servizio. Il valore di tali sollecitazioni viene calcolato automaticamente dal programma seguendo la procedura dettata da normativa e indicata nel Capitolo II, paragrafo Azioni sollecitanti.

Carichi Neve Vento e di Servizio	
Regione:	Piemonte
Calcolo Azioni	
Coefficiente di forma:	0.8
Quota S.L.M.: m	534
Q neve = Kg/mq	208
Tipologia del sito per calcolo vento:	
V. Collina o pianura con molti ostacoli; centri abitati molto edifica	
Altezza struttura per calcolo azione del vento	34
Vento in Serv.: Kg/mq	24
Vento fuori Serv.: Kg/mq	83
Classe lavoro da eseguire:	
4: Lavori di costruzione	
Q servizio	Kg/mq 300
Carico Concentrato per verifica locale impalcato	Kg 120

Figura 69 - Carico neve, vento e di servizio ponteggio Nord-Ovest
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Carico neve, vento e di servizio: la procedura utilizzata per la definizione delle azioni esterne sollecitanti è la medesima di quella definita nel paragrafo precedente, per il ponteggio posto sul prospetto Sud-Est dell'edificio. L'unica eccezione consta nel calcolo dell'azione del vento, in cui entra in gioco un'altezza dell'opera provvisoria maggiore (34,00 m), che ne scaturisce un carico vento in servizio e fuori servizio di entità superiore.

Per quanto riguarda la distribuzione degli ancoraggi in facciata, si segue lo stesso schema applicato per l'opera provvisoria Sud-Est, facendo in modo che vi sia un ancoraggio minimo ogni 22 m² di ponteggio. Le caratteristiche geometrico-meccaniche degli ancoraggi usati (escluso il vitone a contrasto che non viene contemplato) risultano le medesime del caso analizzato precedentemente, in modo tale che, dal computo di tutti gli elementi necessari per i ponteggi posti sul perimetro dell'edificio servito, si possa richiedere una sola fornitura.

Giunti x Verif. scor. <input checked="" type="radio"/> Singolo <input type="radio"/> Doppio		Disposizione Verticale <input type="radio"/> Modulare <input checked="" type="radio"/> Fissa	
N° Piani tra 2 Ancor. <input type="text" value="2"/>		Quota 1° fila ancoraggi m <input type="text" value="4"/>	
N° Camp. tra 2 Anc. <input type="text" value="2"/>		Interasse Vert. Ancorag. m <input type="text" value="3.5"/>	

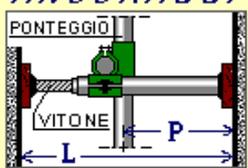
ANCORAGGI <input type="button" value="OK"/> 	Azione Min. sugli ancoraggi Kg <input type="text" value="300"/> <input checked="" type="radio"/> Anello <input type="radio"/> Cravatta <input type="radio"/> Tassello <input type="radio"/> Vitone a contrasto Diam. tondino mm <input type="text" value="16"/> Res. a trazione ... Kg/cm ² <input type="text" value="1250"/>
ANCORAGGI <input type="button" value="OK"/> 	Azione Min. sugli ancoraggi Kg <input type="text" value="300"/> <input type="radio"/> Anello <input checked="" type="radio"/> Cravatta <input type="radio"/> Tassello <input type="radio"/> Vitone a contrasto
ANCORAGGI <input type="button" value="OK"/> 	Azione Min. sugli ancoraggi Kg <input type="text" value="300"/> <input type="radio"/> Anello <input type="radio"/> Cravatta <input checked="" type="radio"/> Tassello <input type="radio"/> Vitone a contrasto Res. ad Estrazione Kg <input type="text" value="4900"/>
ANCORAGGI <input type="button" value="OK"/> 	Azione Min. sugli ancoraggi Kg <input type="text" value="300"/> <input type="radio"/> Anello <input type="radio"/> Cravatta <input type="radio"/> Tassello <input checked="" type="radio"/> Vitone a contrasto N° Vitoni (0,1,2) <input type="text" value="0"/> Lunghezza L= cm <input type="text"/> Distanza Ancor. P= cm <input type="text"/>

Figura 70 - Dati ancoraggio ad anello, cravatta, tassello e vitone a contrasto ponteggio Nord-Ovest
 - Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Anche in questo caso, attraverso l'icona dedicata, si definisce un sistema di controventatura semplice, non incorrendo nelle problematiche derivanti da una controventatura doppia, da cui ne deriverebbe l'insorgenza di un momento parassita, dovuto all'elevata eccentricità della diagonale più esterna rispetto al piano di facciata del ponteggio. Riguardo invece il passo carraio, diversamente in questo caso, viene selezionata l'opzione che implica nessuna interruzione di

stilata lungo tutto il ponteggio, in quanto non risulta fra le esigenze a cui deve provvedere l'opera considerata.

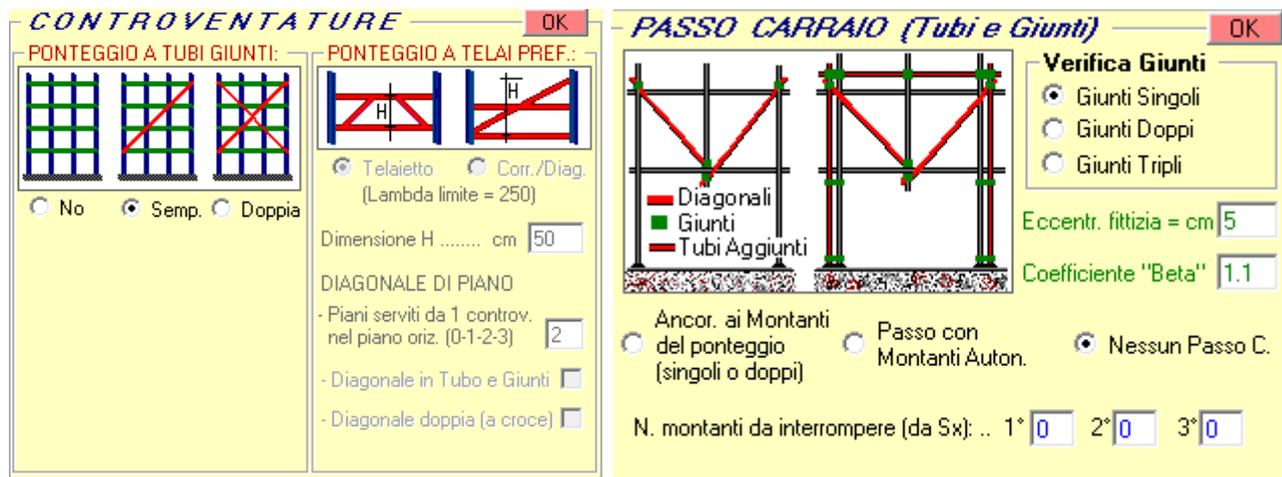


Figura 71 - Controventature e passo carraio ponteggio Nord-Ovest
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Tale ponteggio, posto sul fronte Nord-Ovest del fabbricato, in funzione all'organizzazione di cantiere, viene progettato in modo tale che sia in grado di accogliere il materiale necessario per i lavori di costruzione, sollevato e movimentato dalle gru di cantiere. A tale proposito quindi, si deve prevedere una piazzola di carico in corrispondenza di ciascun solaio dell'edificio.

Il programma però non possiede una sezione dedicata alle piazzole di carico, quindi per poter verificare che i montanti siano in grado di sopportare il carico derivante, si usufruisce della finestra riservata alle azioni esplicite gravanti sui montanti. E' necessario però effettuare una distinzione fra la condizione di servizio e fuori servizio dell'impalcato della piazzola:



Figura 72 – Azioni esplicite sui montanti ponteggio Nord-Ovest
- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Piazzola di carico: per determinare l'entità del carico derivante dalla predisposizione di una piazzola di carico, è necessario conoscere la sua geometria e il peso di ogni elemento costitutivo. A tal proposito si fa riferimento allo schema riportato all'interno del libretto del ponteggio della Nuova Edilcomec, che permette di determinare la sua conformazione e dimensioni (150x360)cm (due campate):

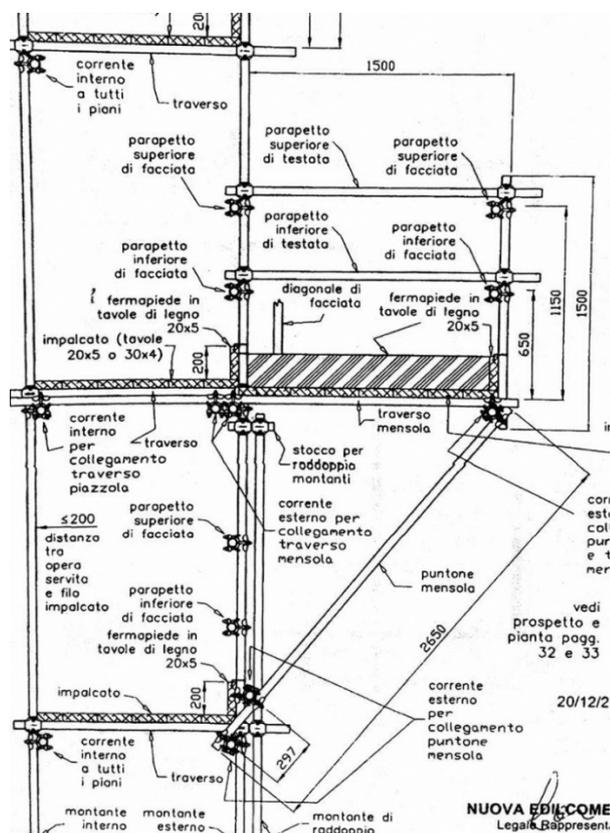


Figura 73 - Piazzola di carico

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

L'autorizzazione ministeriale chiarisce anche quali siano i pesi propri degli elementi, in modo tale che risulti immediato il calcolo:

Elemento	codice	Peso [daN]
Tubo ϕ 48,3x3,2	g ₁	3,6 /m
impalcato in legno	g ₂	30 /m ²
montante da 2,00 m	G ₁	7,2
traverso da 1800	G ₂	6,5
corrente per campata da 1800 m	G ₃	6,5
diagonale di facciata da 3,0 m	G ₄	10,8
Giunto ortogonale	G ₅	1,4
Spinotto a croce	G ₆	0,55
parasassi (tirante 1,8 m + traverso 2,0 m + 3 giunti)	G ₇	18,0
fermapiedi in legno (2,2 m)	G ₈	13,2

Figura 74 - Pesi propri elementi

- Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 02/05/2003

Nota la geometria, il numero degli elementi costitutivi, i pesi propri e l'entità del carico di servizio (riportata nel Capitolo I, Tabella 1), si determina facilmente il peso totale della porzione di piazzola gravante sul montante maggiormente sollecitato (montante comune alle due campate interessate). Il ponteggio viene verificato considerando nella 1^C.d.C. l'impalcato della piazzola in servizio (carico gravante sui montanti di 1362 daN) e nella 2^ e 3^ C.d.C. fuori servizio (carico gravante sui montanti di 147 daN).

Elemento	n. elementi	l [m]	b [m]	[daN]	[daN/ml]	[daN/m²]	Tot. [daN]
<i>Carico di servizio</i>	1	1,50	1,80			450,00	1215,00
<i>Peso proprio implacato in legno</i>	1	1,50	1,80			30,00	81,00
<i>Peso proprio tavola fermapiedi</i>	1			13,20			13,20
<i>Traversi e montanti (Ø48,3x3,2)</i>	2	1,50			3,60		10,80
<i>Correnti (Ø48,3x3,2)</i>	3	1,80			3,60		19,44
<i>Puntoni (Ø48,3x3,2)</i>	1	2,65			3,60		9,54
<i>Giunti</i>	9			1,40			12,60
						Totale	1361,58

Tabella 13 - Carico gravante sul montante – Piazzola di carico in servizio

Elemento	n. elementi	l [m]	b [m]	[daN]	[daN/ml]	[daN/m²]	Tot. [daN]
<i>Peso proprio implacato in legno</i>	1	1,50	1,80			30,00	81,00
<i>Peso proprio tavola fermapiedi</i>	1			13,20			13,20
<i>Traversi e montanti (Ø48,3x3,2)</i>	2	1,50			3,60		10,80
<i>Correnti (Ø48,3x3,2)</i>	3	1,80			3,60		19,44
<i>Puntoni (Ø48,3x3,2)</i>	1	2,65			3,60		9,54
<i>Giunti</i>	9			1,40			12,60
						Totale	146,58

Tabella 14 – Carico gravante sul montante – Piazzola di carico fuori servizio

Definiti tutti i parametri di input si procede, come nel caso precedente, a lanciare il calcolo della struttura. Il programma “Ponteggi P.V.D.”, in modo automatico, esegue le verifiche di tutti gli elementi che compongono l'opera provvisoria ed analizza eventuali inosservanze normative. Durante questo processo, nel caso specifico, sono state riscontrate le seguenti mancanze:

- 1^ C.d.C. : $N_{cr}/N < 2,5$ per il montante esterno;
- 3^ C.d.C. : $N_{cr}/N < 2,5$ per il montante esterno.

Affinché il ponteggio metallico risulti verificato, è necessario apportare alcune correzioni, che implicano un intervento sullo schema progettuale e consecutivamente sui dati di input del software:

1) 1^a e 3^a C.d.C. : $N_{cr}/N < 2,5$ per il montante esterno: il programma comunica che per la prima e terza condizione di carico, il rapporto tra il carico critico di Eulero e l'azione normale agente ad opera del peso proprio, dei carichi permanenti (comprese le piazzole di carico) ed accidentali su ciascun montante esterno del ponteggio metallico, non risulta verificato. La mancata verifica deriva dal fatto che il coefficiente di sicurezza ottenuto da tale rapporto risulta inferiore a quello imposto da normativa (2,5).

Il carico sollecitante che non consente di verificare i montanti esterni risulta quello imposto per le piazzole di carico, a tale proposito l'autorizzazione ministeriale impone che i montanti esterni interessati dal presente carico vengano obbligatoriamente raddoppiati fino al raggiungimento dell'altezza della piazzola. Se nel disegno esecutivo dell'opera provvisoria tale accorgimento è facilmente applicabile, diversamente il software di calcolo non consente di intervenire localmente solo sui montanti strettamente interessati dal carico della piazzola, fino al raggiungimento della quota in cui essa viene installata. Per questo motivo si forza il dato di input relativo al raddoppio di tutti i montanti esterni, imponendo che raggiungano l'ultimo impalcato (il più alto), fermo restando che nella pratica progettuale il raddoppio segua le indicazioni dell'autorizzazione sopracitate.

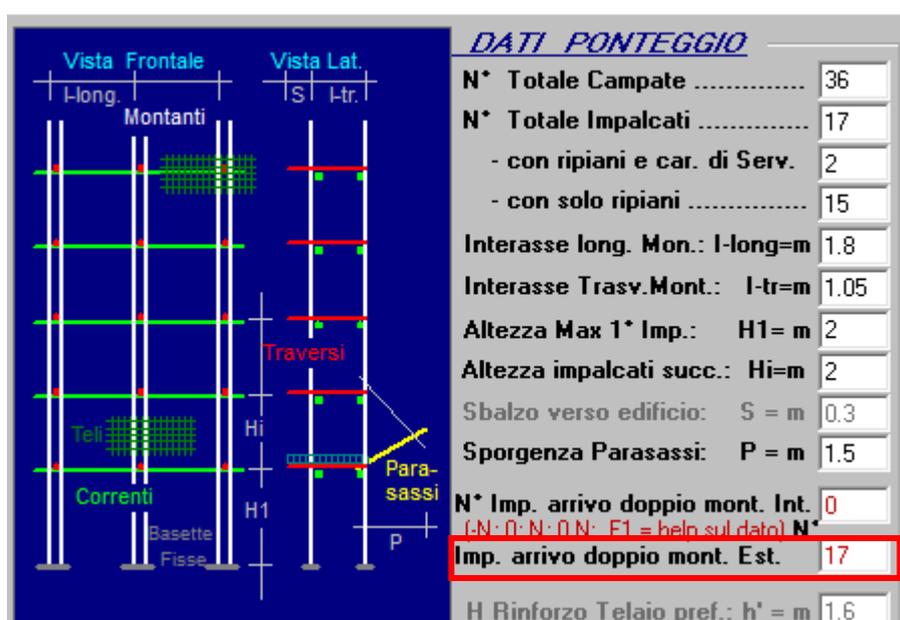


Figura 75 – Correzione dati geometrici e disposizione elementi ponteggio Nord-Ovest

- Programma "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi

Apportando le predette correzioni, il ponteggio metallico realizzato lungo la facciata Nord-Ovest dell'edificio in costruzione, risulta anch'esso progettato e verificato in ogni suo punto. Il software permette di ottenere successivamente in output una relazione completa di tabulati e i risultati in forma grafica e testuale.

OUTPUT DEL SOFTWARE

Il programma "Ponteggi P.V.D." utilizzato per i calcoli e le verifiche precedentemente illustrati, permette di ottenere in output gli schemi grafici del ponteggio e degli elementi particolari, ed una relazione che attesta le scelte operate dal progettista e i risultati di calcolo. Inoltre, a conclusione del caso studio, si riporta un modello del Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio – Pi.M.U.S., compilato con i dati riguardanti il ponteggio metallico approfondito.

Gli *schemi grafici* forniti dal software rappresentano un'ottima base di partenza per ottenere, tramite una piccola rielaborazione grafica, i disegni esecutivi del ponteggio metallico. All'interno di tali schemi è riportato:

- sezioni e prospetti dell'opera provvisoria;
- particolari relativi agli ancoraggi;
- particolari relativi a passo carraio, partenza rientrata e sbalzo sommitale;
- schede tecniche esplicative.

Nel caso specifico si è potuto produrre, tramite tali schemi, il disegno esecutivo del ponteggio stante sul prospetto Sud-Est e sul prospetto Nord-Ovest dell'edificio, riportati in Allegato A.

La *relazione di calcolo* è strettamente legata ai parametri di input inseriti nel software dal progettista, al variare dei dati variano i risultati di calcolo e di verifica del ponteggio. In particolare tale relazione è comprensiva delle seguenti parti:

- Parte 1: riporta i dati generali del ponteggio e in particolare:
 - metodo di calcolo utilizzato;
 - marca ponteggio verificato;
 - caratteristiche dei materiali.
- Parte 2: riporta i dati generali del ponteggio ed in particolare:
 - carichi di collasso degli elementi;

- coefficienti di sicurezza per le verifiche;
- elementi particolari inseriti nella struttura.
- Parte 3: riporta i seguenti parametri:
 - caratteristiche geometriche;
 - dimensione tubie caratteristiche dei ripiani e degli ancoraggi.
- Parte 4: riporta:
 - azioni esterne e carichi espliciti sui montanti;
 - condizioni di carico previste;
 - criteri di progetto adottati.
- Parte 5: riporta la simbologia adottata per le verifiche dei vari elementi strutturali.
- Parte 6: riporta le verifiche dei seguenti elementi del ponteggio:
 - montanti (singoli o doppi);
 - traversi e ripiani;
 - basette regolabili;
 - elementi di controvento;
 - ancoraggi e aste sfuse.
- Parte 7: riporta le verifiche dei seguenti elementi aggiunti al ponteggio in tubi e giunti:
 - asta calastrellata;
 - passo carraio;
 - partenza rientrata o di adattamento; sbalzo sommitale.
- Parte 8: riporta lo schema della tabella da apporre in cantiere, da integrare in funzione delle informazioni specifiche del cantiere.

Le relazioni di calcolo relative ai due casi studio analizzati nel paragrafo precedente, vengono riportate in Allegato B.

Infine, in Allegato C, a completamento degli elaborati precedenti, si riporta un *Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio – Pi.M.U.S.*¹⁵, che soddisfa i contenuti minimi richiesti da normativa (trattati nel Capitolo III). Tale documento viene compilato con le sole informazioni anagrafiche e progettuali dell'opera provvisoria analizzata, non vengono quindi approfonditi gli aspetti di gestione/organizzazione di cantiere. Il suddetto piano diventa un modello a cui poter fare riferimento per la corretta redazione di un Pi.M.U.S.

¹⁵ Modello per la redazione del Pi.M.U.S. di Formedil Cpt Taranto.

CONCLUSIONI

Nella presente tesi, organizzata in quattro capitoli, si è cercato di analizzare quali siano le caratteristiche meccaniche strutturali e di allestimento del ponteggio metallico fisso, in modo tale da garantire per tutta vita utile dell'opera provvisoria la sicurezza degli operatori a lavoro e di terzi che si trovano a dover convivere nelle sue vicinanze.

La caratteristica di un cantiere edile e la possibile adozione delle varie opere provvisorie, con particolare riferimento ai ponteggi metallici fissi come opera di maggiore importanza nel contesto trattato, ha permesso di approfondire nel primo capitolo l'argomento circa le tipologie di ponteggio adottabili in Italia, diversificandole per categoria (tubi e giunti, telai prefabbricati e multidirezionali) e per classi di carico (ponteggi da manutenzione, costruzione e piazzole di carico). Sono stati successivamente definiti tutti gli elementi costitutivi della struttura e le diverse modalità di collegamento fra le aste. L'uso di schemi di massima, disegni e immagini fotografiche ha permesso il completamento e inquadramento di questo tipo di attrezzatura.

Il montaggio dei singoli elementi, formano un sistema meccanico che deve sempre rientrare in particolari schemi tipologici previsti negli allegati delle autorizzazioni ministeriali, interni al libretto del ponteggio, diversamente necessita di un progetto specifico redatto e firmato da un ingegnere o architetto abilitato all'esercizio della professione, corredato di calcolo di resistenza e stabilità.

Sempre nel primo capitolo sono state affrontate, nel senso descrittivo dell'opera, alcune particolari configurazioni di ponteggio metallico di tipo misto e/o provvisto di piani di carico, piazzole, castelli di tiro e sistemi di sollevamento., che permettono di realizzare un'opera provvisoria che si avvicini il più possibile alle esigenze lavorative tipologiche del cantiere. Si è concluso con la descrizione del sistema di accesso ai piani che ne permette una sua praticabilità in tutta sicurezza.

Nel secondo capitolo si è voluto affrontare il delicato argomento della progettazione del ponteggio metallico fisso, che costituisce il nucleo di tesi, perché affronta l'argomento della progettazione partendo da una considerazione di base che sottolinea la necessità di adottare il modello delle "tensioni ammissibili" come schema analitico di risoluzione delle verifiche di calcolo possibili per questo tipo di struttura. I carichi esterni e le condizioni nelle quali questi ultimi vengono applicati sulla struttura, permettono di inquadrare la tipologia di sforzo che l'opera in acciaio si trova a dover sopportare in termini di sollecitazioni e di resistenza meccanica.

Infine per il capitolo secondo, si è affrontato il tema analitico e di schemi di calcolo adottabili nelle sollecitazioni meccaniche di elementi sottoposti a sforzi di trazione/compressione, taglio flessione, con specifico riferimento alla normativa tecnica di settore CNR-UNI 10011/88 e alle Circolari del Ministero del lavoro, che hanno permesso di tracciare una base di calcolo di verifica per queste strutture dotate di particolare snellezza ($\lambda=200\div 250$), in occasione delle sollecitazioni statiche e dinamiche provenienti dai carichi gravanti sulla struttura.

Nel terzo capitolo, si chiariscono quali sono i requisiti minimi di sicurezza a cui deve rispondere il ponteggio metallico, descrivendo tutti i rischi connessi alla sua fase di montaggio, uso e smontaggio ed elencando i contenuti minimi da sviluppare nel documento di valutazione dei rischi dell'opera, denominato Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio - Pi.M.U.S. .

Successivamente vengono approfonditi in dettaglio due rischi specifici, quello inerente alla caduta dall'alto del materiale e del personale addetto ai lavori. A tale proposito sono state elencate le opere necessarie per la protezione dalla caduta dall'alto del materiale eventualmente presente sul ponteggio e l'attrezzatura necessaria per scaricare le macerie prodotte in quota, in modo sicuro, gestite con grandi contenitori presenti a piano campagna. In seguito è stata trattata la procedura da adottare per sollevare in quota il materiale, facendo particolare riferimento ai sistemi di sollevamento che devono essere adottati per compiere in sicurezza questo tipo di operazioni. La trattazione del rischio di caduta dall'alto del personale, invece ha inizio con l'analisi dell'incidenza infortunistica che l'Istituto Nazionale per l'Assicurazione contro gli Infortuni sul Lavoro - INAIL monitora a cadenza prestabilita rilasciando rapporti dettagliati. In particolare è stato possibile inquadrare il fenomeno infortunistico per il comparto delle costruzioni, riconoscendo le cause principali che hanno condotto ad esito mortale. Il periodo di studio preso in esame è stato quello relativo allo scorso quinquennio 2008-2012, per i quali i dati forniti dall'ente in questione sono da considerare standardizzati e definitivi nei termini di riconoscimento dell'evento. E' emerso che la caduta dall'alto, quindi direttamente legata al mancato uso o utilizzo improprio del ponteggio o di altre opere provvisorie, è una tra le cause primarie in termini di incidenza per carattere di gravità dell'evento.

Delineata la gravità del fenomeno infortunistico in Italia per caduta dall'alto nel settore delle costruzioni, si è passati ad inquadrare quali possano essere le soluzioni possibili da intraprendere per arginare tale fenomeno. Si è voluto approfondire il tema della caduta libera o frenata di un soggetto e l'energia dissipata nel momento dell'impatto sul corpo del soggetto in seguito ad una caduta, chiarendo quindi quale Dispositivo di Protezione Individuale – DPI sia più idoneo per attenuare le conseguenze derivanti.

Nel quarto e ultimo capitolo di tesi, si è voluta affrontare la realtà costruttiva di un ponteggio metallico fisso, attraverso lo studio di un caso reale di costruzione di un edificio ad uso residenziale e terziario/commerciale, che permettesse di mettere in pratica tutti i precetti normativi affrontati nei capitoli precedenti. Innanzitutto si è eseguito uno studio di fattibilità circa la cantierizzazione dell'opera provvisoria, approfondendo i caratteri termici, pluviometrici e geomorfologici del territorio in cui l'opera servita è stata costruita, ovvero di quello che risulta il piano di posa dell'opera provvisoria. Ne segue l'inquadramento territoriale del lotto oggetto di studio, descrivendolo in funzione dei contenuti dell'ambito normativo in cui ricade secondo le Norme di Attuazione del P.R.G. del comune di appartenenza. Successivamente si è proceduto nella descrizione dell'edificio, definendone le caratteristiche della distribuzione interna degli ambienti, della geometria e della facciata, destinata ad ospitare gli ancoraggi strutturali del ponteggio. A fronte di una progettazione esecutiva dell'opera provvisoria, uscente dagli schemi tipo delle autorizzazioni ministeriali, si è dovuto effettuare il calcolo che attestasse la staticità e stabilità dell'opera, attraverso la verifica dimensionale con il modello di calcolo delle tensioni ammissibili, l'indicazione dei massimi ammessi di sovraccarico per metro quadrato di impalcato, di altezza dei ponteggi e di larghezza degli impalcati, nonché degli appoggi e degli ancoraggi. Questo importante sub capitolo è stato sviluppato tenendo conto delle procedure di calcolo semplificato permesse dalla norma tecnica e dalle circolari del Ministero del Lavoro, per la specifica categoria di ponteggio tubi e giunti, destinato a lavori di costruzione. A supporto di ciò si è utilizzato il software "Ponteggi P.V.D." di Michele Sanginisi che ha permesso, attraverso una procedura guidata, di definire i criteri di calcolo adottati, i materiali costituenti il ponteggio e le loro caratteristiche meccaniche e prestazionali, la descrizione generalizzata dell'opera, la valutazione dei carichi gravanti sulla struttura in modo statico e gli sforzi dinamici impressi all'opera provvisoria e provenienti dall'esterno, nonché le verifiche in loco delle caratteristiche prestazionali degli ancoraggi strutturali dell'opera. Come output del software si è ottenuta la relazione di calcolo per ciascuno dei ponteggi approfonditi (prospetto Sud-Est e Nord-Ovest) e degli schemi grafici, dai quali è stato possibile ottenere i disegni esecutivi, rappresentanti prospetti e sezioni ed aventi il fine di schematizzare quanto più possibile l'opera provvisoria. Al completamento del caso studio, si è voluto proporre un modello del Piano di Montaggio, Uso e Smontaggio, compilato con le informazioni strettamente necessarie a definire la struttura analizzata.

La scelta di sviluppare tale argomento e di proporlo come tesi nel corso di laurea magistrale di Ingegneria Edile, è risultato un utile approfondimento tematico e ha dato la possibilità di analizzare, anche per mezzo del caso reale affrontato, la tematica dei ponteggi metallici fissi sia

sotto il profilo della progettazione/verifica e sia del corretto montaggio, facendo riferimento alla normativa sulla sicurezza del lavoro dei cantieri edili, in quanto particolarmente interessati da una alta incidenza infortunistica.

Con questa tesi si è cercato di sottolineare l'importanza che riveste il ponteggio metallico, con particolare riferimento ai seguenti indicatori: strutturale, che persegue il fine di dimensionare per mezzo della progettazione i ponteggi metallici seguendo le regole imposte dalla norma tecnica specialistica; di sicurezza, che permette alle imprese adibite al montaggio di posare in opera tutti gli elementi che compongono il ponteggio metallico nel rispetto degli schemi tipologici, seguendo altresì delle procedure di lavoro che garantiscono la sicurezza durante tutte le fasi dell'assemblaggio dell'opera provvisoria.

BIBLIOGRAFIA

- Circolare Ministero del Lavoro 15 maggio 1990 n. 44, Istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a telai prefabbricati.
- Circolare Ministero del Lavoro 24 ottobre 1991 n. 132, Istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi metallici fissi a montanti e traversi prefabbricati.
- Circolare Ministero del Lavoro 9 novembre 1978, n. 85, Istruzioni per la compilazione delle relazioni tecniche per ponteggi a tubi e giunti.
- Circolare Ministero del Lavoro e della Previdenza Sociale del 23 maggio 2003, n. 20, Chiarimenti in relazione all'uso promiscuo dei ponteggi metallici fissi.
- Circolare Ministero del Lavoro e delle Politiche Sociali del 22 novembre 1985, n. 149, D.P.R. 7 gennaio 1956, n. 164 - Disciplina della costruzione e dell'impiego dei ponteggi metallici fissi.
- Decreto del Ministero del lavoro e delle Politiche Sociali del 2 settembre 1968, Riconoscimento di efficacia di alcune misure tecniche di sicurezza per i ponteggi metallici fissi, sostitutive di quelle indicate nel decreto del Presidente della Repubblica 7 gennaio 1956 numero 164, pubblicato nella G.U. n. 242 del 23/09/1968.
- Decreto del Ministero delle infrastrutture 14 gennaio 2008, Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni, pubblicato nella G.U. n. 29 del 04/02/2008 – S.O. n. 30.
- Decreto Legislativo 9 aprile 2008, n. 81, Attuazione dell'articolo 1 della Legge 3 agosto 2007, n. 123 in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, G.U. n. 101 del 30 aprile 2008 - S.O. n. 108.
- INAIL, Idoneità dell'assorbitore di energia in relazione al peso del lavoratore, Milano, 2016.
- INAIL, Quaderni tecnici per i cantieri temporanei o mobili – Ponteggi fissi, Milano, 2014.
- INAIL/Infor.MO, Le cadute dall'alto dei lavoratori – Scheda 2, Milano, 2017.
- M. Bonvicini, Rel. N. Cavazza, Tesi di laurea – Sicurezza sul lavoro: orientamenti psicosociali in lavoratori di una azienda reggiana, Università di Modena e Reggio Emilia, A.A. 2007/2008.
- M. Sanginisi, Ponteggi metallici fissi: manuale pratico per progettisti e installatori, edizione III, Dario Flaccovio editore, Palermo, 2005.
- M. Sanginisi, Ponteggi: progetto - verifica - disegni di ponteggi a tubi e giunti o prefabbricati, edizione III, Dario Flaccovio editore, Palermo, 2009.

- Norma CNR-UNI 10011/88, Costruzioni di acciaio - Istruzioni per il calcolo, l'esecuzione, il collaudo e la manutenzione, Consiglio Nazionale delle Ricerche e Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Roma, 1988.
- Norma CNR-UNI 10012/85, Istruzioni per la valutazione delle azioni sulle costruzioni, Consiglio Nazionale delle Ricerche e Ente Nazionale Italiano di Unificazione, Roma, maggio 1986.
- Norma UNI EN 12810-1, Ponteggi di facciata realizzati con componenti prefabbricati - Parte 1: Specifiche di prodotto, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2004.
- Norma UNI EN 12810-2, Ponteggi di facciata realizzati con componenti prefabbricati - Parte 2: Metodi particolari di progettazione strutturale, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2004.
- Norma UNI EN 12811-1, Attrezzature provvisionali di lavoro - Parte 1: Ponteggi - Requisiti prestazionali e progettazione generale, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2004.
- Norma UNI EN 12811-2, Attrezzature provvisionali di lavoro - Parte 2: Informazioni sui materiali, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2004.
- Norma UNI EN 12811-3, Attrezzature provvisionali di lavoro - Parte 3: Prove di carico, Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2005.
- Norma UNI EN 74-1, Giunti, spinotti e basette per l'utilizzo in strutture di sostegno per opere permanenti e ponteggi – Parte 1: Giunti per tubi - Requisiti e procedimenti di prova., Ente Nazionale Italiano di Unificazione, 2007.
- Nuova Edilcomec Srl – Industria ponteggi Torino, Calcolo ed istruzioni per l'uso del Ponteggio a Tubi e Giunti “ULISSE”, Aut. Min. Prot. n. 20947/PR/OP/PONT/A del 2/05/2003.

SITOGRAFIA

- Archweb, https://www.archweb.it/dwg/ponteggi_cantiere/ponteggi_cantiere.htm, data consultazione: luglio 2017
- Comipont ponteggi, <http://www.comipont.it/ponteggi.html>, data consultazione: luglio 2017.
- Comune di Cuneo, Sezione Urbanistica – Elaborati del P.R.G. vigente, <http://www.comune.cuneo.gov.it/index.html>, data consultazione: settembre 2017.
- FerroMet, Catalogo prodotti – Spinotto di giunzione per tubo, <http://www.ferro-met.com/prodotti>, data consultazione: luglio 2017.

- Fischer, Fissaggi per ponteggi e occhioli , <http://www.fischeritalia.it/gruppo-prodotti/fissaggi-per-ponteggi-e-occhioli/>, data consultazione: settembre 2017.
- Formedil Cpt Taranto, Modello per la redazione del Pi.M.U.S., www.formedilcpttaranto.com, data consultazione: settembre 2017.
- Marcegaglia, Ponteggi, <http://www.marcegaglia.com/ponteggi/>, data consultazione: luglio 2017.
- Tenax, Costruzioni - Coperture ponteggi - Rete tessuta Coveret H, <http://www.tenax.net/costruzioni/copertura-di-ponteggi.htm>, data consultazione: settembre 2017.
- Unina2, http://www.architettura.unina2.it/docenti/areaprivata/documenti/3_Fondazioni.pdf, data consultazione: luglio 2017.