

Coordinatore generale
Luca Uzielli

il **MANUALE**
del **LEGNO**
STRUTTURALE

Vol. III – PROGETTAZIONE E DETTAGLI
DELLE STRUTTURE

A cura di Ario Ceccotti

IL MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE
Vol. III – PROGETTAZIONE E DETTAGLI
DELLE STRUTTURE

Coordinazione generale dell'opera
Luca Uzielli

Cura del presente volume
Ario Ceccotti

Art Director
Ida Incoronata Carlone

Impaginazione
Stefano Bruno
Luca Saraceni

Revisione grafica
Luciano Cortesi

Realizzazione CD-ROM
Beecom

Stampa
ATI-Pomezia, Roma

Stampa CD-Rom
Op.ti.mes. SpA

INDICE

D

SEZIONE D

1	UNIONI NELLE TRAVI RETICOLARI CON ELEMENTI DI COLLEGAMENTO A GAMBO CILINDRICO	2	4.2.1	4.2.1	22-23
1.1	UNIONI A PIÙ SEZIONI RESISTENTI	2	4.2.2	Una nota sul rinforzo	23
1.2	ESEMPIO	3	4.2.3	Riparazione tramite incollaggio di parti nuove	23
1.3	SCELTA DEI MATERIALI	3-4	4.2.4	Riparazione tramite unioni di tipo tradizionale	23
1.4	ESEMPIO DI CALCOLO	4	4.2.5	Miglioramento della sezione trasversale	23-24
1.4.1	Trave reticolare illustrata in Figura 4	4-5	4.2.6	Piastre incollate	24
1.4.2	Trave reticolare illustrata in Figura 9	5-8	4.2.7	Barre incollate	24
2	UNIONI CON CONNETTORI NELLE TRAVI RETICOLARI	9	4.2.8	Tiranti	24
2.1	GENERALITÀ SULLE UNIONI NELLE TRAVI RETICOLARI	9	4.2.9	Modifica delle condizioni di appoggio	24
2.2	ESEMPI DI GIUNTI	9	4.2.10	Elementi portanti aggiuntivi	25
2.3	ESEMPIO 1: UNIONE REALIZZATA CON CONNETTORE AD ANELLO, DEL TIPO A1 SECONDO LA EN912	10	4.2.11	Sostituzione di elementi lignei	25
2.4	ESEMPIO 2: UNIONE D'APPOGGIO CON CONNETTORI A PIASTRA DENTATA DOPPIA, DEL TIPO C10 SECONDO LA EN 912	10-15	4.2.12	Ripristino o miglioramento della geometria e/o della stabilità	25
3	RESTAURO DI STRUTTURE LIGNEE	16	4.2.13	Strutture miste legno-calcestruzzo e legno-pannelli	25-26
3.1	ISPEZIONE E VALUTAZIONE	16	4.3	MANUTENZIONE E MISURE DI CONSERVAZIONE	26
3.1.1	FATTORI CHE INFLUENZANO LO STATO DELLA STRUTTURA	16	5	COLLEGAMENTI PILASTRO-TRAVE E TRAVE-TRAVE	27
3.1.2	Qualità originaria del legname	16	5.1	ESEMPI DI COLLEGAMENTI	27
3.1.3	Condizioni di esercizio	16-17	5.1.1	Collegamento pilastro-trave tipo 1	27-28
3.2	LIVELLI DI ISPEZIONE	17-18	5.1.2	Unione pilastro-trave tipo 2	28
3.2.1	Ispezione di primo livello (valutazione generale)	18	5.1.3	Unione pilastro-trave tipo 3	28-29
3.2.2	Ispezione di secondo livello (valutazione di dettaglio)	18	5.1.4	Collegamento trave-trave tipo 4	29-30
3.3	TECNICHE DI PROVA IN OPERA	19	5.1.5	Collegamento trave-trave tipo 5	30
4	RESTAURO DELLE STRUTTURE DI LEGNO	19-20	5.2	INCONVENIENTI COMUNI DA EVITARE	30
4.1	RIPARAZIONE E RINFORZO	21	6	COLLEGAMENTI SPECIALI CON PIASTRE METALLICHE	31
4.1.1	IDENTIFICAZIONE DI OBIETTIVI, REQUISITI E DEI VINCOLI	21	6.1	COLLEGAMENTI TRAVE-MONTANTE E TRAVE-TRAVE	31
4.1.2	Conservazione dei materiali e della concezione strutturale originali	21	6.2	CERNIERE PER TELAI E ARCHI	31
4.1.3	Ruoli specifici del tecnologo del legno	21-22	6.3	APPOGGI DI PILASTRI	32
4.1.4	Conservazione dell'estetica della struttura	22	6.4	APPOGGI PER PILASTRI, TELAI E ARCHI	32
4.1.5	Ripristino della capacità portante originale	22	6.5	APPOGGI PER TELAI E ARCHI	32
4.1.6	Rinforzo	22	6.6	APPOGGI PER TELAI E ARCHI	32
4.1.7	Conformità alle prescrizioni di sicurezza: contro l'incendio, sismiche o di altro tipo	22	6.7	DIMENSIONAMENTO DI CERNIERE E APPOGGI	32
4.1.8	Condizioni di lavoro	22	6.8	ESEMPI	33
4.2	COMPATIBILITÀ	22	6.9	ESEMPIO DI CALCOLO	33-34
4.2	RIPARAZIONI STRUTTURALI	22	7	QUADRO CONCLUSIVO	34
			7.1	TRASPORTO E MESSA IN OPERA	35
			7.1.1	TRASPORTO	35
			7.1.2	Carico	36
			7.1.3	Mezzi di trasporto	36
			7.1.4	Trasporti eccezionali	36
			7.1.5	Trasporti eccezionali con veicoli speciali	36-37
			7.2	Limitazioni	37
				IN CANTIERE	37

D E

7.2.1 Scarico	37	10.4 DUTTILITÀ E DISSIPAZIONE DI ENERGIA	53-55
7.2.2 Magazzinaggio	37	10.5 QUADRO CONCLUSIVO	55
7.2.3 Lavorazioni	37	11 PROGETTAZIONE ED ESECUZIONE CON L'UTILIZZO	56
7.2.4 Ispezione del cantiere	37-38	DEL COMPUTER	
7.3 MESSA IN OPERA	38	11.1 LEGNO E CAD	56-57
7.3.1 Tetti per abitazioni civili	38	11.2 SIMULAZIONI 3D AL CAD	57-58
7.3.2 Travi	38	11.3 FABBRICAZIONE CON L'UTILIZZO DEL COMPUTER	59
7.3.3 Portali a tre cerniere	38-39	11.4 FILOSOFIA DELLA DITTA E INTERFACCE	59
7.3.4 Capriate	39	11.4.1 Interfaccia uomo-computer	59
7.3.5 Cupole radiali e geodetiche	39	11.4.2 Interfaccia verso programmi esterni	59
7.4 SICUREZZA	40	11.4.3 Interfaccia CAD-macchina	59-60
7.5 QUADRO CONCLUSIVO	40	11.5 STAFF	60
8 ANGOLI DEI TELAI	41	11.6 QUADRO CONCLUSIVO	60
8.1 TIPOLOGIE DI ANGOLI DEI TELAI	41	SEZIONE E	
8.1.1 Pilastrini a V	41-42	1 STORIA DELLE STRUTTURE DI LEGNO	62
8.1.2 Adesivi fenolo-formaldeide (PF), con indurimento a freddo	42	1.1 STRUTTURE "PRIMITIVE"	62
8.1.3 Tecniche di collegamento incollato	42-43	1.2 SISTEMA DI COSTRUZIONE TRADIZIONALE CINESE	62-63
8.2 DIMENSIONAMENTO DEGLI ANGOLI DEI TELAI	43	1.3 STRUTTURE STORICHE GIAPPONESI	63
8.2.1 Dimensionamento corrente (telaio A)	43-44	1.4 "STAVKIRKER" NORVEGESI	63
8.2.2 Dimensionamento con acciaio di classe superiore (telaio B)	44	1.5 TELAI LIGNEI MEDIEVALI	63-65
8.2.3 Dimensionamento con legno lamellare e acciaio di classe superiore (telaio C)	44	1.6 CASE DI TRONCHI, SISTEMI "BALLOON FRAME" E "PLATFORM FRAME"	65
8.2.4 Riassunto dei risultati degli esempi	44	1.7 SVILUPPO DELLE STRUTTURE LIGNEE DI COPERTURA	65-66
9 CONTROVENTI - PARTICOLARI STRUTTURALI	45	1.8 PONTI DI LEGNO	67-68
9.1 UTILIZZI DEI CONTROVENTI	45-47	1.9 STRUTTURE DI LEGNO LAMELLARE	69
9.2 PARTICOLARI COSTRUTTIVI NEI CONTROVENTI	47	1.10 STRUTTURE DI GRANDE LUCE (HANGAR, STRUTTURE A GUSCIO, CUPOLE ETC.)	69-70
9.2.1 Tipi di controvento	47	1.11 MACCHINE E OPERE DI INGEGNERIA LIGNEE MEDIEVALI	70
9.2.2 Diagonali incrociati resistenti solamente a trazione	47	1.12 QUADRO CONCLUSIVO	70
9.2.3 Travi reticolari a W	47	2 CRITERI DI PROGETTAZIONE	71
9.2.4 Travi reticolari a N	47	2.1 IL RUOLO DELL'ARCHITETTO E DELL'INGEGNERE	71
9.2.5 Travi reticolari a K	47-48	2.1.1 Limitazioni	71-72
9.2.6 Travi tirantate	48	2.1.2 Sito	72
9.2.7 Collegamenti	48	2.1.3 Destinazione d'uso dell'edificio	72
9.3 ESEMPIO	48-49	2.1.4 Carichi	72
9.4 QUADRO CONCLUSIVO	49	2.2 PROGETTO E DISEGNO PRELIMINARI	72
10 PROGETTAZIONE DELLE STRUTTURE DI LEGNO	50	2.2.1 Sviluppo della forma dell'edificio	72
IN ZONA SISMICA	50-52	2.2.2 Sviluppo della forma strutturale	72-73
10.1 CONTINUITÀ STRUTTURALE	52	2.2.3 Sistemi di trasmissione del carico	73
10.2 REGOLARITÀ DELL'EDIFICIO	52-53		
10.3 COMPATIBILITÀ STRUTTURALE			

MANUALE DEL LEGNO STRUTTURALE

INDICE

E

2.2.4	Modellazione dei sistemi di ritegno per la stabilità	73-74		
2.2.5	Sviluppo della forma strutturale	74		
2.2.6	Elementi di collegamento	74-75		
2.3	RAPPRESENTAZIONE DELLA STRUTTURA	75		
2.3.1	Assonometrie e prospettive	75		
2.3.2	Plastico del progetto	75		
2.3.3	Modellazione al computer	75		
2.4	QUADRO CONCLUSIVO	75		
3	ARCARECCI	76		
3.1	DIMENSIONAMENTO	76-77		
3.1.1	Valori caratteristici delle azioni	77		
3.1.2	Valori di progetto delle azioni	77-78		
3.1.3	Collegamento alla seconda campata	78		
3.1.4	Capacità portante laterale	78		
3.1.5	Capacità portante assiale	78		
3.1.6	Interazione	78		
4	TRAVI IN LEGNO LAMELLARE RETTILINEE E RASTREIMATE	79		
4.1	TRAVI A CAMPATA SINGOLA AD ALTEZZA COSTANTE	79-80		
4.2	TRAVI CONTINUE AD ALTEZZA COSTANTE	80		
4.3	TRAVI A SEMPLICE RASTREMAZIONE	80-81		
4.4	TRAVI A DOPPIA RASTREMAZIONE	81		
4.5	PARTICOLARI	81		
4.6	VALORI CARATTERISTICI	82		
4.7	ESEMPIO	82		
5	TRAVI IN LEGNO LAMELLARE CURVE E CENTINATE	83		
5.1	TRAVI CURVE	83		
5.2	TRAVI CENTINATE	83-84		
5.3	ARMATURA	84		
5.3.1	Materiali utilizzati per l'armatura	84-85		
5.3.2	Distribuzione delle tensioni	85		
5.3.3	Consolidamento e riparazione	85		
5.4	ESEMPIO DI CALCOLO	85		
5.4.1	Struttura	85		
5.4.2	Verifica di resistenza	85-86		
5.4.3	Armatura	86		
5.4.4	Armatura con barre d'acciaio	86		
5.4.5	Armatura con fibre di vetro	86		
6	CAPRIATE REALIZZATE CON MICROLAMELLARE LVL	87		
6.1	CONNETTORE MULTIPOLO CHIODATO	87		
6.2	L'USO DEGLI MNC NELLE CAPRIATE DI LVL KERTO	87-88		
6.3	CAPACITÀ PORTANTE DEGLI MNC	88-89		
6.4	ANALISI DI CAPRIATE REALIZZATE CON LVL E MNC	90		
6.5	VERIFICA DELLA RESISTENZA DEGLI ELEMENTI	90		
6.6	VERIFICA DELLA RESISTENZA DELL'UNIONE	90-91		
6.7	USO DELLE CAPRIATE MNC-KERTO-LVL	91		
7	CAPRIATE REALIZZATE CON LEGNO LAMELLARE INCOLLATO E CON LEGNO MASSICCIO	92		
7.1	CONSIDERAZIONI PROGETTUALI	92		
7.2	CALCOLO DELLA STRUTTURA	92		
7.2.1	Analisi semplificata	93		
7.2.2	Analisi generale	93		
7.3	ESEMPIO DI UNA CAPRIATA REALIZZATA CON LEGNO MASSICCIO	93		
7.3.1	Materiali	93		
7.3.2	Valori di progetto delle azioni	94		
7.3.3	Calcolo delle forze interne	94		
7.3.4	Verifiche	94		
7.4	ESEMPIO DI CAPRIATA REALIZZATA CON LEGNO LAMELLARE INCOLLATO	95		
7.4.1	Capriata trapezoidale del tetto di una sala, classe di servizio 1	95		
7.4.2	Valori caratteristici delle azioni	95		
7.4.3	Casi di carico	95		
7.4.4	Materiali	95		
7.4.5	Analisi semplificata	95-97		
7.4.6	Analisi generale	97-98		
7.5	QUADRO CONCLUSIVO SULL'ESEMPIO DI CAPRIATA DI LEGNO LAMELLARE INCOLLATO	98		
8	PONTEGGI E IMPALCATURE	99		
8.1	PONTEGGI	99		
8.1.1	Carichi	99-100		
8.1.2	Sistema strutturale portante e controventi	100		
8.1.3	Particolari costruttivi	100		
8.2	IMPALCATURE	100-101		
8.3	QUADRO CONCLUSIVO	101		
9	TELAI PIANI E ARCHI	102		
9.1	SISTEMI STRUTTURALI	102		
9.2	SCHEMI STRUTTURALI DI TELAI	102-103		
9.3	PROGETTAZIONE DEGLI ARCHI	103		
9.4	PROGETTAZIONE DI TELAI E ARCHI	103-104		
9.5	ESEMPIO DI CALCOLO. PROGETTO DI MASSIMA DI UN			

E

TELAIO A TRE CERNIERE	104	12.2.8 Unioni, scanalature	119-120
9.5.1 Calcolo delle azioni interne	104	12.2.9 Dimensioni minime	120
9.5.2 Angolo del telaio	104-105	12.3 ESEMPIO	120
9.5.3 Trave	105-106	13 STRUTTURE COMPOSTE LEGNO-CALCESTRUZZO	121-122
9.5.4 Appoggio	106	13.1 TIPO DI CONNESSIONE	122
9.6 QUADRO CONCLUSIVO	106	13.2 COMPORTAMENTO MECCANICO	122-124
10 CASE A STRUTTURA DI LEGNO – COMPORTAMENTO STRUTTURALE	107	13.3 RACCOMANDAZIONI PER LA PROGETTAZIONE E LA COSTRUZIONE	124
10.1 PRINCIPI COSTRUTTIVI	107	13.4 ESEMPIO DI CALCOLO – DATI	124
10.2 PARETI	107	13.4.1 Lato Azioni	124
10.2.1 Pareti portanti – requisiti strutturali	107-108	13.4.2 Lato Materiali	125
10.2.2 Pareti esterne	108	13.4.3 Proprietà dei materiali	125
10.2.3 Pareti interne	108	13.5 CALCOLO	126
10.2.4 Pareti di separazione	108	13.5.1 Lato Azioni	126
10.3 SOLAI	108-109	13.5.2 Stato limite di esercizio – Deformazioni	126-127
10.4 COPERTURE	109-110	13.6 QUADRO CONCLUSIVO	127
10.5 ALTRI COMPONENTI	110	14 CONTROVENTAMENTO DEI SISTEMI STRUTTURALI	128
10.5.1 Rivestimento esterno	110	14.1 CRITERI DI CONTROVENTAMENTO	128
10.5.2 Barriera al vento	110	14.2 CONTROVENTI – DISPOSIZIONE GEOMETRICA	128-129
10.5.3 Isolamento termico	111	14.3 ELEMENTI VERTICALI	129
10.5.4 Barriera al vapore	111	14.3.1 Telai	129
10.5.5 Rivestimento interno	111	14.3.2 Mensole	129
11 CASE A STRUTTURA DI LEGNO – FUNZIONALITÀ	112	14.3.3 Controventi diagonali	129
11.1 PROGETTAZIONE RELATIVA AL CONTROLLO DELLE VIBRAZIONI	112-113	14.3.4 Elementi-parete verticali di taglio	129-130
11.2 ISOLAMENTO ACUSTICO	113-114	14.4 ELEMENTI DI CONTROVENTO PER LE AZIONI ORIZZONTALI	130
11.3 MOVIMENTI DOVUTI ALL'UMIDITÀ NEI SISTEMI STRUTTURALI IN LEGNO	114-115	14.5 PROGETTAZIONE – PARTICOLARI COSTRUTTIVI	130
11.4 L'INVOLUCRO DELL'EDIFICIO	115	14.5.1 Procedura di dimensionamento	130-131
11.5 QUADRO CONCLUSIVO	115	14.5.2 Elementi di controvento	131-132
12 CASE A STRUTTURA DI LEGNO – RESISTENZA AL FUOCO	116	14.6 ESEMPIO	132-133
12.1 COMPORTAMENTO DELL'INTERA STRUTTURA	116	14.7 QUADRO CONCLUSIVO	133
12.2 COMPORTAMENTO DEL SINGOLO ELEMENTO	116-117	15 STRUTTURE DI TRAVI E MONTANTI – PRINCIPI	134
12.2.1 Elementi	117	15.1 COSTRUZIONE MODULARE	134-135
12.2.2 Pannelli, strati isolanti	117	15.2 SISTEMI PORTANTI E UNIONI	136-138
12.2.3 Controventi	117	15.3 CONTROVENTATURE	138
12.2.4 Pareti	117-118	15.4 QUADRO CONCLUSIVO	138-139
12.2.5 Solai	118-119	16 STRUTTURE DI TRAVI E MONTANTI	140
12.2.6 Coperture	119	16.1 ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO	140-142
12.2.7 Scale	119	16.2 UNIONE CORRENTE-COLONNA	142-143
		16.3 QUADRO CONCLUSIVO	143
		17 PONTI DI LEGNO	144

INDICE

E

17.1	STORIA	144-146	19.6	QUADRO CONCLUSIVO	169
17.2	GENERALITÀ STRUTTURALI	146	20	TELAI SPAZIALI E CUPOLE	170
17.2.1	Pianificazione e costruzione	146	20.1	GEOMETRIA E STABILITÀ NELLE TRE DIMENSIONI	170
17.2.2	Durabilità	146-147	20.2	SISTEMI BIDIREZIONALI	171
17.2.3	Impalcato	147-148	20.3	VANTAGGI SULL'UTILIZZO DEI TELAI SPAZIALI	171
17.3	ESEMPI MODERNI DI PONTI DI LEGNO	148	20.4	SVANTAGGI SULL'UTILIZZO DEI TELAI SPAZIALI	171
17.3.1	Dörflibrücke Eggwil, Svizzera (1984)	148-149	20.5	CONFIGURAZIONE DEL GRATICCIO	172
17.3.2	Ponte per sci di fondo a Pradella, Scuol, Svizzera (1990)	149-150	20.6	DISPOSIZIONE DEGLI APPOGGI	172
17.3.3	Ponte pedonale e ciclabile sul Simme, presso Wimmis, Svizzera (1989)	151-152	20.7	CUPOLE	172-173
17.3.4	Ponte pedonale sul fiume Aabach, Uster, Svizzera (1986)	152	20.7.1	Geometria e stabilità delle cupole	173
17.3.5	Drostobel-Brücke, Klosters, Svizzera (1992)	153	20.8	ANALISI EC5: PARTE 1-1: 2.3.1 & 2.3.2	173
17.3.6	Ponte pedonale e ciclabile sull'autostrada N9, Ballaigues, Svizzera (1989)	153-154	20.8.1	Progettazione degli elementi	173
17.3.7	Ponte pedonale e ciclabile sul fiume Neckar, Remseck, Germania (1988)	154-155	20.8.2	Progettazione delle unioni	173-174
17.3.8	Wennerbrücke, fiume Mur, St. Georgen/Murau, Austria (1993)	155-156	20.9	PARTICOLARI COSTRUTTIVI	174
17.3.9	Ponte pedonale e ciclabile. Canale Meno-Danubio presso Essing, Germania (1987)	156-157	20.10	ESEMPI DI STRUTTURE SPAZIALI IN LEGNO	174
17.3.10	Ponte stradale San Nicla, Tschlin, Svizzera (1992-93)	157-158	20.11	QUADRO CONCLUSIVO	174
17.3.11	Ponte pedonale sull'autostrada N13, Werdenberg, Sevelen, Svizzera (1989-90)	158-159	21	COPERTI A GUSCIO DI LEGNO	175
17.4	QUADRO CONCLUSIVO	159	21.1	APPLICAZIONI	175
18	PALI DA FONDAZIONE DI LEGNO	160-161	21.2	SVILUPPI STORICI	175
18.1	RESISTENZA A COMPRESSIONE DEI PALI DA FONDAZIONE DI LEGNO	161	21.2.1	Primi sviluppi storici	175-176
18.2	LA QUALITÀ DEI PALI DI LEGNO DA FONDAZIONE	162	21.2.2	Analogia della Superficie Tesa	176
18.3	DIMENSIONAMENTO ALLO STATO LIMITE DI ROTTURA DEL TERRENO	162	21.2.3	Sviluppi della teoria e della pratica moderna	176
18.4	DIMENSIONAMENTO ALLO STATO LIMITE DI ESERCIZIO	162-163	21.3	PRINCIPI TEORICI FONDAMENTALI	177
18.5	ESEMPIO DI DIMENSIONAMENTO	163	21.3.1	Gusci di copertura	177
18.6	QUADRO CONCLUSIVO	163	21.3.2	Geometria	177
19	STRUTTURE DI LEGNO TONDO	164	21.3.3	Risultanti delle tensioni	177-179
19.1	APPLICAZIONI	164	21.3.4	Teoria delle tensioni di membrana	179
19.2	PROPRIETÀ FISICO-MECCANICHE	164-165	21.3.5	Gusci di forma qualsiasi	179-180
19.3	STRUTTURE DI PALI DI LEGNO	165	21.4	ESEMPIO	180-181
19.4	ESEMPIO: STRUTTURA DI PALI DI LEGNO (TRATTO DA NÜRNBERGER, 1988)	166	21.5	ORTOTROPICITÀ	181-182
19.4.1	Calcoli per il palo A	166-168	21.6	GUSCI SOGGETTI A FLESSIONE	182
19.5	UNIONI	168-169	21.6.1	Volte a botte lunghe	182-183
			21.6.2	Conoidi	183
			21.7	GUSCI IRRIGIDITI	183
			21.8	ARCHITETTURA	183
			21.8.1	Scelta della forma	183-184
			21.9	COSTRUZIONE E SPECIFICHE	184-185
			21.9.1	Legno massiccio	185
			21.9.2	Classi di resistenza	185
			21.9.3	Legno lamellare incollato	185

E

21.9.4 Aspetti aggiuntivi	185-186	25.1.1 Rivestimento della cassaforma	202-203
21.10 FABBRICAZIONE	186	25.1.2 Olio per casseforme	203-204
21.11 ESEMPI DI GUSCI DI COPERTURA IN LEGNO	186	25.1.3 Strutture di sostegno	204
21.11.1 Caso di studio 1	186-187	25.2 CASSEFORME PER PARETI	204-205
21.11.2 Caso di studio 2	187-188	25.2.1 Componenti delle casseforme per pareti	205-206
22 DIMENSIONAMENTO A FATICA PER LEGNO MASSICCIO E MATERIALI A BASE DI LEGNO	189	25.3 CASSEFORME PER PILASTRI	206
22.1 CURVE σ -N (SN) E IL RAPPORTO R	189-191	25.4 CASSEFORME PER SOLAI	206
22.2 LINEE DI DURATA COSTANTE	191	25.4.1 Componenti delle casseforme per solai	206
22.3 CARICHI COMPLESSI E PREDIZIONE DELLA DURATA	191	25.4.2 Sistemi di casseforme per solai	206-207
22.4 VALUTAZIONE A FATICA DI MATERIALI COMPOSITI A BASE DI LEGNO PER PALE DI TURBINA EOLICA	191-192	25.5 SISTEMI DI CASSEFORME SPECIALI	207-208
22.5 DANNO DA FATICA E CAMBIAMENTI DELLE PROPRIETÀ DEL LEGNO	193	25.6 PROGETTAZIONE DELLE CASSEFORME CON SOFTWARE DEDICATI O CON STRUMENTI FORNITI DALL'AZIENDA PRODUTTRICE	208
23 MURI DI SOSTEGNO, BARRIERE ANTIRUMORE E SPARTITRAFFICO	193	26 STRUTTURE DI LEGNO IN AMBIENTI AGGRESSIVI	209
23.1 MURI DI SOSTEGNO	194	26.1 RESISTENZA ALLE AZIONI CHIMICHE	209-210
23.1.1 Palizzata	194	26.1.1 Esempi di progetti realizzati	210-211
23.1.2 Tavolato	194-195	26.2 RESISTENZA ALLE ALTE TEMPERATURE	211
23.1.3 Pilone	195	26.2.1 Esempio di progetti eseguiti	211-212
23.2 MURI A CATASTA	195-196	26.3 QUADRO CONCLUSIVO	212
23.3 BARRIERE SPARTITRAFFICO	196	27 IMPARARE DAI COLLASSI 1	213
23.4 BARRIERE DI CONFINE, RECINTI E BARRIERE ANTIRUMORE	196-197	27.1 DANNI PROVOCATI DA TEMPESTE	213
24 STRUTTURE PER LINEE DI TRASMISSIONE	197	27.1.1 Considerazioni generali	213
24.1 FORME STRUTTURALI	198	27.1.2 Strutture con copertura di legno realizzate su solette di calcestruzzo	213-214
24.1.1 Pali a sezione circolare	198	27.1.3 Edifici provvisori a struttura di legno	214
24.1.2 Pali di legno lamellare incollato	198	27.2 DANNI PROVOCATI DALLA NEVE	214
24.2 TRATTAMENTO PRESERVANTE	198	27.2.1 Considerazioni generali	214
24.2.1 Pali a sezione circolare	198	27.2.2 Cause dei danni provocati dalla neve sulle strutture di legno	215
24.2.2 Pali di legno lamellare Incollato	198-199	27.2.3 Alcune rotture tipiche	215-216
24.3 AZIONI	199	27.2.4 Rotture particolari	216
24.3.1 Azioni verticali	199	27.3 LA FRANA DI TUVE	217
24.3.2 Azioni orizzontali perpendicolari alla direzione della linea	199	27.3.1 Considerazioni generali	217
24.3.3 Azioni orizzontali parallele alla direzione della linea	199-200	27.3.2 Le case a schiera di Almhöjdsvägen	217-218
24.4 LA FUNZIONE DEI PALI	200	27.3.3 Case formate da piccoli elementi	218-219
24.5 FONDAZIONI	200-201	27.3.4 Case formate da elementi di dimensioni ordinarie	219
24.6 VINCOLO LATERALE	201	27.4 QUADRO CONCLUSIVO	219
24.7 PROCEDURA PER IL DIMENSIONAMENTO	201	28 IMPARARE DAI COLLASSI 2	220
25 CASSEFORME PER IL CALCESTRUZZO	202	28.1 STRUTTURE TRADIZIONALI	220-221
25.1 COMPONENTI DELLE CASSEFORME	202	28.2 STRUTTURE LEGGERE	221-222
		28.3 STRUTTURE IN LEGNO LAMELLARE	222-224