



# COMUNE DI PADOVA

Settore Lavori Pubblici

ELENCO ANNUALE ANNO 2021

## PROGETTO ESECUTIVO RESTAURO DELLA TORRE DEGLI ANZIANI

IMPORTO COMPLESSIVO: Euro 1.500.000,00

N.Progetto 2021/046

Nome File  
APPR\_39

MAGGIO 2022

CUP H95F21001460005

EDP\_2021/046

CAPITOLATO SPECIALE OPERE STRUTTURALI-NORME TECNICHE

### Progettisti

PROGETTO  
ARCHITETTONICO  
Arch. Gianni Tommasi

PROGETTO OPERE  
STRUTTURALI  
Ing. Carlo Bettio

### RUP

Arch. Domenico Lo Bosco

### Capo Settore

Ing. Emanuele Nichele

Retro copertina - Pagina appositamente vuota

## SOMMARIO

<b>2</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>MATERIALI E FORNITURE .....</b>	<b>11</b>
3.1	GENERALITÀ.....	11
3.2	CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI .....	12
3.3	TOLLERANZE DIMENSIONALI .....	13
3.4	PROVE DEI MATERIALI .....	13
3.4.1	CERTIFICATO DI QUALITÀ.....	13
3.4.2	ACCERTAMENTI PREVENTIVI .....	13
3.4.3	PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA .....	14
3.4.4	PRESCRIZIONI PARTICOLARI.....	14
3.5	MATERIALI NATURALI E DI CAVA .....	14
3.5.1	ACQUA .....	14
3.5.2	SABBIA.....	14
3.5.2.1	<i>SABBIA PER MURATURE ED INTONACI .....</i>	<i>15</i>
3.5.2.2	<i>SABBIE PER CONGLOMERATI .....</i>	<i>15</i>
3.5.3	RINFORZANTI/CARICHE INERTI PER RESINE.....	15
3.5.4	GHIAIA E PIETRISCO .....	15
3.5.4.1	<i>GHIAIA E PIETRISCO PER CONGLOMERATI CEMENTIZI .....</i>	<i>15</i>
3.5.4.2	<i>AGGREGATI.....</i>	<i>16</i>
3.5.5	POMICE, ARGILLA ESPANSA ED ALTRI INERTI LEGGERI.....	17
3.5.6	PIETRE NATURALI E MARMI.....	17
3.5.6.1	<i>PIETRE DA TAGLIO .....</i>	<i>17</i>
3.5.6.2	<i>LASTRE PER TETTI, PER CORNICIONI E SIMILI .....</i>	<i>18</i>
3.5.6.3	<i>LASTRE PER INTERNI.....</i>	<i>18</i>
3.5.6.4	<i>TUFI.....</i>	<i>18</i>
3.5.6.5	<i>MARMI .....</i>	<i>18</i>
3.6	CALCI, POZZOLANE, LEGANTI IDRAULICI, LEGANTI IDRAULICI SPECIALI E LEGANTI SINTETICI .....	18
3.6.1	MODALITÀ DI FORNITURA E CONSERVAZIONE .....	18
3.6.2	CALCI AEREE.....	18
3.6.3	LEGANTI IDRAULICI .....	19
3.6.4	POZZOLANE.....	19
3.6.5	GESSI PER L'EDILIZIA.....	19
3.6.6	LEGANTI IDRAULICI SPECIALI .....	19
3.6.7	LEGANTI SINTETICI .....	20
3.6.7.1	<i>RESINE - GENERALITÀ .....</i>	<i>20</i>

	3.6.7.2	RESINE EPOSSIDICHE.....	20
	3.6.7.3	RESINE POLIESTERI E VINILESTERI.....	21
	3.6.7.4	RESINE ACRILICHE.....	21
3.7		LATERIZI.....	21
3.8		MATERIALI FERROSI E METALLI VARI .....	22
	3.8.1	GENERALITÀ.....	22
	3.8.2	MATERIALI FERROSI .....	22
	3.8.2.1	FERRO.....	22
	3.8.2.2	ACCIAIO DA CARPENTERIA.....	22
	3.8.2.3	COLLEGAMENTI BULLONATI .....	23
	3.8.2.4	COLLEGAMENTI SALDATI .....	24
	3.8.2.5	ACCIAI INOSSIDABILI.....	24
	3.8.2.6	ACCIAI IN BARRE AD ADERENZA MIGLIORATA B450 C (FEB 44K).....	25
	3.8.2.7	RETI IN ACCIAIO ELETTRO-SALDATO.....	26
	3.8.2.8	ACCIAIO FUSO IN GETTI.....	26
	3.8.2.9	ACCIAI TIPO DYWIDAG O EQUIVALENTI.....	26
	3.8.2.10	GHISA.....	26
	3.8.2.11	METALLI VARI .....	26
	3.8.3	FUNI.....	26
	3.8.4	PIOLI TIPO "NELSON" O SIMILARI .....	27
	3.8.5	LAMIERE GRECATE .....	27
	3.8.6	CONNETTORI A TAGLIO .....	27
	3.8.7	GRIGLIATO METALLICO ZINCATO A CALDO .....	27
	3.8.8	LAMIERA STRIATA O BUGNATA.....	28
3.9		LEGNAMI .....	28
	3.9.1	GENERALITÀ.....	28
	3.9.2	LEGNO MASSICCIO .....	28
3.10		MATERIALI COMPOSITI.....	30
	3.10.1	MATERIALI COMPOSITI FRP .....	30
	3.10.1.1	TESSUTI UNIDIREZIONALI IN FIBRA DI CARBONIO AD ALTA RESISTENZA .....	32
	3.10.1.2	BARRE .....	32
	3.10.2	MATERIALI COMPOSITI IN FIBRA DI ACCIAIO – SRG / SRP .....	33
	3.10.2.1	SISTEMI SRG.....	33
	3.10.2.2	TESSUTI UNIDIREZIONALI IN TREFOLI DI ACCIAIO GALVANIZZATO.....	33
	3.10.2.3	TESSUTI UNIDIREZIONALI IN TREFOLI DI ACCIAIO INOX.....	34
	3.10.3	FIBRA DI BASALTO .....	34
	3.10.4	RETE BIDIREZIONALE IN FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX ALCALI-RESISTENTE .....	35
3.11		ADDITIVI .....	35
	3.11.1	ADDITIVI FLUIDIFICANTI, SUPERFLUIDIFICANTI E IPERFLUIDIFICANTI.....	36

3.11.2	ADDITIVI ANTIGELO.....	36
3.12	CALCESTRUZZI .....	36
3.12.1	COMPONENTI.....	36
	3.12.1.1 ACQUA DI IMPASTO.....	36
	3.12.1.2 CEMENTO IDRAULICO NORMALE.....	36
	3.12.1.3 AGGIUNTE.....	38
3.12.2	CALCESTRUZZI .....	38
	3.12.2.1 GENERALITÀ PER I CALCESTRUZZI .....	39
	3.12.2.2 SPECIFICHE PER CALCESTRUZZI LEGGERI STRUTTURALI CON ARGILLA ESPANSA.....	39
3.13	MALTE. QUALITÀ E COMPOSIZIONE.....	40
3.13.1	GENERALITÀ.....	40
3.13.2	MALTE ADDITIVE .....	40
	3.13.2.1 MALTE ADDITIVE CON AGENTI ANTIRITIRO E RIDUTTORI D'ACQUA.....	40
	3.13.2.2 MALTE ESPANSIVE .....	41
	3.13.2.3 MALTE CONFEZIONATE CON RIEMPITIVI A BASE DI FIBRE SINTETICHE O METALLICHE .....	41
3.13.3	MALTE PRECONFEZIONATE .....	41
	3.13.3.1 MALTA DI CALCE PER RISARCITURE, RISTILATURE, SCUCI-CUCI, RISTILATURE ARMATE SU MURATURE ESISTENTI.....	42
	3.13.3.2 MALTA DI CALCE M5 DI ALLETTAMENTO.....	43
	3.13.3.3 MALTA FLUIDA DI CALCE PER INIEZIONI DI CONSOLIDAMENTO SU MURATURE ESISTENTI .....	43
	3.13.3.4 MALTA BASTARDA M5/M10 DI ALLETTAMENTO PER NUOVE MURATURE IN LATERIZIO .....	44
	3.13.3.5 MALTA REODINAMICA COLABILE A RITIRO COMPENSATO (GETTI IN SPESSORE TRA 1 E 5 CM) .....	44
	3.13.3.6 BETONCINO REODINAMICO COLABILE A RITIRO COMPENSATO (GETTI IN SPESSORE TRA 6 E 15 CM).....	44
	3.13.3.7 RASATURA IMPERMEABILIZZANTE A BASE DI CALCE IDRAULICA.....	44
3.14	CONGLOMERATI A BASE DI CALCE.....	44
3.14.1	CONGLOMERATO A BASE CALCE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA PER RIEMPIMENTI.....	45
3.15	CONGLOMERATI DI RESINA SINTETICA.....	45
3.16	CASSEFORME DA C.A. ....	46
3.16.1	CASSERATURE NORMALI.....	46
3.16.2	CASSERATURE SPECIALI PER CALCESTRUZZI FACCIA VISTA.....	47
3.17	OPERE PROVVISORIALI.....	48
3.17.1	FASCE IN POLIESTERE AD ALTA RESISTENZA CON CRICCHETTO TENDITORE.....	48
3.17.2	OPERE PROVVISORIALI IN CARPENTERIA METALLICA .....	48
3.18	COLORI E VERNICI.....	48
3.18.1	GENERALITÀ.....	48
	3.18.1.1 OLIO DI LINO COTTO.....	49

3.18.1.2	ACQUARAGIA (ESSENZA DI TREMENTINA).....	49
3.18.1.3	BIACCA .....	49
3.18.1.4	BIANCO DI ZINCO .....	49
3.18.1.5	MINIO.....	49
3.18.1.6	LATTE DI CALCE.....	49
3.18.1.7	COLORI ALL'ACQUA, A COLLA O AD OLIO .....	49
3.18.1.8	VERNICI .....	50
3.18.1.9	ENCAUSTICI .....	50
3.18.1.10	IDROPITTURE.....	50
3.18.1.11	TEMPERE .....	50
3.18.1.12	PITTURE CEMENTIZIE .....	50
3.18.1.13	IDROPITTURE IN EMULSIONE .....	50
3.18.1.14	PITTURE AI SILICATI .....	50
3.18.1.15	PITTURE AD OLIO ED OLEOSINTETICHE .....	50
3.18.1.16	ANTIRUGGINE, ANTICORROSIVI E PITTURE SPECIALI .....	51
3.18.1.17	VERNICI SINTETICHE .....	51
3.18.1.18	SMALTI.....	51
3.19	MATERIALI DIVERSI .....	51
3.19.1	CARTEFELTRO .....	51
3.19.1.1	CARTONFELTRO BITUMATO CILINDRATO .....	51
3.19.1.2	CARTONFELTRO BITUMATO RICOPERTO .....	51
3.19.2	VETRI E CRISTALLI.....	51
<b>4</b>	<b>NORME DI ESECUZIONE .....</b>	<b>52</b>
4.1	GENERALITÀ.....	52
4.2	INDAGINI PRELIMINARI AI LAVORI DI RESTAURO/CONSOLIDAMENTO .....	52
4.2.1	TRACCIAMENTI E VERIFICHE DIMENSIONALI .....	53
4.2.2	RILIEVI .....	53
4.2.2.1	MAPPATURA DELLE STRUTTURE LIGNEE .....	54
4.2.3	INDAGINI SPECIALISTICHE.....	54
4.2.3.1	CAROTAGGI.....	54
4.2.3.2	MARTINETTI PIATTI.....	54
4.2.3.3	ANALISI MINERALOGICO-PETROGRAFICHE .....	55
4.2.3.4	CARATTERIZZAZIONE CHIMICO FISICA-MINERALOGICA E ANALISI BIOLOGICA .....	55
4.3	CONTROLLI E PROVE DI CARICO SULLE STRUTTURE REALIZZATE.....	55
4.4	DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI .....	55
4.5	DEMOLIZIONI; RIMOZIONI; DISGAGGI.....	56
4.5.1	GENERALITÀ.....	56
4.5.2	DEMOLIZIONE DI STRUTTURE MURARIE .....	58
4.5.2.1	DEMOLIZIONE DI STRUTTURE PORTANTI E/O COLLABORANTI .....	59

	4.5.2.2	DEMOLIZIONE DI TRAMEZZATURE .....	59
4.5.3		DEMOLIZIONI DI STRUTTURE A TELAIO IN C.A. CON PICCOLI MARTELLI PNEUMATICI.....	59
4.5.4		PREPARAZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO DA RIPRISTINARE O DA TRATTARE SUPERFICIALMENTE.....	59
4.5.5		DEMOLIZIONE CONTROLLATA CON PINZE DEMOLITRICI E CESOIE IDRAULICHE.....	60
4.5.6		DEMOLIZIONE MEDIANTE TAGLIO CON FILO E/O DISCO DIAMANTATO .....	60
4.5.7		SMONTAGGIO DI STRUTTURE ORIZZONTALI .....	60
	4.5.7.1	DEMOLIZIONE DI SOLAI PIANI.....	61
	4.5.7.2	SMONTAGGIO DI STRUTTURE IN AGGETTO .....	61
	4.5.7.3	SMONTAGGIO LOCALE DI STRUTTURE VOLTATE.....	61
	4.5.7.4	SMONTAGGIO DI COLLEGAMENTI VERTICALI .....	61
	4.5.7.5	SMONTAGGIO DI MANTI E STRUTTURE DI COPERTURA.....	62
4.5.8		APERTURA DI FOROMETRIE.....	62
4.6		MURATURE E STRUTTURE VERTICALI – LAVORI DI COSTRUZIONE.....	63
4.6.1		MURATURE IN GENERE .....	63
4.6.2		MURATURE DI MATTONI .....	64
4.6.3		PARETI DI UNA TESTA ED IN FOGLIO CON MATTONI PIENI E FORATI .....	64
4.6.4		MURATURE MISTE .....	64
4.7		CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE.....	65
4.7.1		GENERALITÀ .....	65
4.7.2		RISARCITURE.....	65
4.7.3		SCUCI E CUCI.....	65
4.7.4		SOSTITUZIONE DI SINGOLI MATTONI .....	66
4.7.5		FISSAGGIO DI ELEMENTI DECOESI E/O IN FASE DI DISTACCO .....	66
4.7.6		CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI A BASE DI MISCELE LEGANTI .....	66
4.7.7		RISTILATURA DEI GIUNTI DI MALTA .....	68
4.7.8		RISTILATURE ARMATE (REPOINTING).....	68
4.7.1		CAROTAGGI PER L'INSERIMENTO DI TIRANTI METALLICI .....	69
4.7.2		CONSOLIDAMENTO MEDIANTE TIRANTI METALLICI .....	69
4.8		CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E PIETRA) .....	70
4.8.1		GENERALITÀ .....	70
4.8.2		CONSOLIDAMENTO DELL'ESTRADOSSO MEDIANTE CAPPÀ ARMATA.....	71
4.8.3		ESECUZIONE DI CAPPÀ DI RIPARTIZIONE IN CONGLOMERATO A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE ARMATA CON BARRE INOX.....	72
4.8.4		ESECUZIONE DI RINFIANCHI E RIEMPIMENTI CON CONGLOMERATO A BASE CALCE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA.....	72
4.8.5		CONSOLIDAMENTO MEDIANTE POSA IN OPERA DI “FRENELLI” .....	73
4.8.6		CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA MEDIANTE INIEZIONI .....	73
4.8.7		CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA MEDIANTE MATERIALI COMPOSITI (FRP) .....	74

4.8.8	RINFORZO VOLTE CON INTONACO IN MALTA DI CALCE CON RETE FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX ALCALI-RESISTENTE.....	75
4.8.9	RINFORZO DI VOLTE E MURATURE CON SRG/SRP .....	75
4.9	OPERE DA CARPENTIERE .....	76
4.9.1	GENERALITÀ.....	76
4.10	RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE LIGNEE.....	77
4.10.1	GENERALITÀ.....	77
4.10.2	SOSTITUZIONE DI TRAVI IN LEGNO .....	77
4.10.3	SOSTITUZIONE DEL TAVOLATO ESISTENTE .....	78
4.10.4	COLLEGAMENTO DELLE TRAVI ALLE MURATURE PERIMETRALI .....	78
4.10.5	RIPRISTINO DI STRUTTURA IN LEGNO MEDIANTE LA RICOSTRUZIONE DELLA PARTE DEGRADATA.....	78
4.10.6	RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE RINFORZO CON ELEMENTI METALLICI79	
4.10.7	CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE PROFILI METALLICI POSTI ALL'ESTRADOSSO.....	79
4.10.8	CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE PROFILI METALLICI POSTI ALL'INTRADOSSO.....	79
4.10.1	CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE ACCOPPIAMENTO DI TAVOLONI.....	80
4.10.2	RIGENERAZIONE DI TESTATE DI TRAVI E NODI DI INCAVALLATURE.....	80
	4.10.2.1 RICOSTRUZIONE MEDIANTE PROTESI IN LEGNO .....	80
	4.10.2.2 PROTESI CON LEGNO LAMELLARE "ARTIGIANALE".....	80
	4.10.2.3 PROTESI CON GUANCE.....	81
	4.10.2.4 PROTESI CON INCALMI E LAME IN ACCIAIO.....	81
	4.10.2.5 RICOSTRUZIONE MEDIANTE BETONCINO EPOSSIDICO ED ELEMENTI DI RINFORZO .....	82
4.10.3	CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE CERCHIATURE .....	82
4.10.4	TRATTAMENTO DI DISINFESTAZIONE DEL LEGNO .....	83
4.11	RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE COPERTURE LIGNEE .....	84
4.11.1	GENERALITÀ.....	84
4.11.2	COLLEGAMENTO TRA LE STRUTTURE DELLA COPERTURA E LA MURATURA.....	85
4.11.3	COLLEGAMENTO MEDIANTE CERCHIATURA DELL'EDIFICIO IN SOMMITÀ .....	85
	4.11.3.1 CORDOLATURA MEDIANTE APPLICAZIONE DI MATERIALI COMPOSITI (CFRP) ...	85
4.11.4	CONNESSIONE DI ELEMENTI LIGNEI MEDIANTE STAFFE E/O PIASTRE METALLICHE.....	86
4.11.5	IRRIGIDIMENTO E CONTROVENTATURA DELLE FALDE DI COPERTURA .....	86
	4.11.5.1 IRRIGIDIMENTO E CONTROVENTATURA MEDIANTE TAVOLATO LIGNEO.....	86
	4.11.5.2 IRRIGIDIMENTO E CONTROVENTAMENTO MEDIANTE CROCI DI SANT'ANDREA O NASTRI FORATI AVVITATI ALL'ESTRADOSSO DEL TAVOLATO.....	87
4.12	RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI LIGNEI .....	87
4.12.1	IRRIGIDIMENTO DI STRUTTURA PIANA MEDIANTE SOVRAPPOSIZIONE DI UN NUOVO TAVOLATO .....	87
4.13	STRUTTURE IN ACCIAIO .....	88
4.13.1	GENERALITÀ.....	88
4.13.2	ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO.....	89



4.13.2.1	MONTAGGIO.....	90
4.13.2.2	TOLLERANZE DIMENSIONALI PER ELEMENTI IN CARPENTERIA METALLICA .....	91
4.13.3	UNIONI SALDATE .....	91
4.13.3.1	QUALIFICA PER ESECUZIONE STRUTTURE SALDATE.....	91
4.13.3.2	MATERIALI BASE .....	92
4.13.3.3	ELETTRODI.....	92
4.13.3.4	TECNICHE DI ESECUZIONE.....	92
4.13.3.5	GIUNTI TESTA A TESTA NON EVIDENZIATI NEL PROGETTO.....	93
4.13.3.6	PROVE SULLE SALDATURE.....	93
4.13.3.7	ACCETTABILITÀ DEI DIFETTI .....	94
4.13.4	UNIONI PER CONTATTO.....	94
4.13.5	TIRANTI E FUNI.....	94
4.13.6	LAMIERE GRECATE .....	95
4.13.7	GRIGLIE PEDONABILI .....	95
4.13.8	VERNICIATURE.....	95
4.13.9	ZINCATURA.....	96
4.14	CONSOLIDAMENTO E CONSERVAZIONE DI STRUTTURE E MANUFATTI IN FERRO.....	96
4.14.1	GENERALITÀ.....	96
4.14.2	SMONTAGGIO E RIMONTAGGIO DI MANUFATTI METALLICI ANTICHI .....	96
4.14.2.1	SMONTAGGIO.....	96
4.14.2.2	RIMONTAGGIO DI MANUFATTI ESISTENTI .....	98
4.15	CONGLOMERATI CEMENTIZI O A BASE DI CALCE SEMPLICI E ARMATI .....	98
4.15.1	GENERALITÀ.....	98
4.15.2	CONTROLLI SUL CONGLOMERATO.....	99
4.15.2.1	VALUTAZIONE PRELIMINARE DELLA RESISTENZA .....	99
4.15.2.2	COMUNICAZIONE PREVENTIVA ALLA FORNITURA / PRODUZIONE IN CANTIERE DI CALCESTRUZZO .....	99
4.15.2.3	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE .....	99
4.15.3	CONFEZIONE DELL'IMPASTO .....	100
4.15.4	TRASPORTO .....	100
4.15.5	POSA IN OPERA.....	101
4.15.6	CASSEFORME ED ARMATURE DI SOSTEGNO PER I GETTI .....	102
4.15.7	VIBRAZIONE DEL CALCESTRUZZO .....	103
4.15.1	STAGIONATURA E DISARMO .....	103
4.15.1.1	PREVENZIONE DELLE FESSURE DA RITIRO PLASTICO .....	103
4.15.1.2	DISARMO E SCASSERATURA .....	103
4.15.1.3	PROTEZIONE DOPO LA SCASSERATURA .....	103
4.15.2	TOLLERANZA DI POSIZIONAMENTO E DIMENSIONALI .....	104
4.15.3	PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ, AMMORSATURE, ONERI VARI .....	104

4.15.1	CONGLOMERATO A BASE DI CALCE ARMATO CON BARRE/RETI IN ACCIAIO INOX .....	104
4.16	ACCIAIO DA C.A. ....	105
4.16.1	GENERALITÀ .....	105
4.16.2	CONTROLLI PER ACCIAIO DA C.A. ....	105
4.16.3	POSA IN OPERA ARMATURA PER C.A. ....	105
4.17	INTERVENTI CONSERVATIVI SUL CALCESTRUZZO .....	105
4.17.1	ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO .....	106
4.17.2	TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA .....	106
4.17.3	POSIZIONAMENTO D'ARMATURE AGGIUNTIVE .....	106
4.17.4	PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE.....	107
4.17.5	STAGIONATURA.....	107
4.17.6	PROVE E CONTROLLI .....	107
4.18	PLACCAGGI CON MATERIALI COMPOSITI .....	108
4.18.1	GENERALITÀ .....	108
4.18.2	CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE .....	108
4.18.3	SPECIFICHE PER PLACCAGGIO CON TESSUTI UNIDIREZIONALE IN FIBRA DI ACCIAIO .....	110
4.19	COLLOCAMENTO IN OPERA.....	110
4.19.1	COLLOCAMENTO DI MANUFATTI VARI, APPARECCHI E MATERIALI FORNITI DALL'AMMINISTRAZIONE APPALTANTE .....	111
4.19.2	COLLOCAMENTO DI MANUFATTI IN MARMO O PIETRA .....	111
4.20	ALLESTIMENTO DEL CANTIERE .....	112
4.21	OPERE PROVVISORIALI.....	112
4.21.1	GENERALITÀ .....	112
4.21.2	PUNTELLI / PONTEGGI DI FORZA .....	113
4.21.3	COPERTURE PROVVISORIE .....	114
4.21.4	PROTEZIONE DI ELEMENTI DI VALORE ARTISTICO.....	114
4.22	LAVORI EVENTUALI NON PREVISTI.....	115
<b>5</b>	<b>NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI .....</b>	<b>116</b>
5.1	NORME GENERALI .....	116
5.2	LAVORI A MISURA.....	116
5.3	LAVORI A CORPO .....	116
5.4	LAVORI IN ECONOMIA .....	117
5.5	NOLEGGI .....	117
5.6	OPERE PROVVISORIALI.....	117
5.7	MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	118
5.7.1	MURATURE IN GENERE (NON IN CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA) .....	118
5.7.2	CONGLOMERATI CEMENTIZI .....	118
5.8	OPERE IN CARPENTERIA METALLICA .....	119
5.9	TIRANTI DI ANCORAGGIO .....	120

5.10	OPERE IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE.....	120
5.11	OPERE IN PIETRA.....	120

## **1 PREMESSA**

Il progetto può prevedere l'impiego di componenti e prodotti di costruttori specializzati, contrassegnati nei documenti di progetto con l'indicazione "tipo" seguita da marca e modello.

In ogni caso l'indicazione di specifici prodotti o modelli è da ritenersi inserita a scopo esemplificativo, risultando in realtà vincolanti tutte le specifiche tecniche, i requisiti funzionali e le prestazioni richieste che compaiono in tutti gli elaborati di progetto aventi valore contrattuale.

La posa in opera di questi elementi sarà eseguita in accordo con le specifiche e le raccomandazioni indicate dal costruttore specializzato; l'Appaltatore fornirà copia di tali specifiche alla Direzione Lavori prima della posa, per gli opportuni riscontri.

È facoltà dell'Appaltatore utilizzare componenti e prodotti diversi da quelli specificati, purché di natura equivalente e non minore qualità; l'impiego di tali prodotti è subordinato all'approvazione scritta della Direzione Lavori.

L'Appaltatore si obbliga a fornire tutti gli elementi che la Direzione Lavori riterrà necessari per la valutazione tecnica di idoneità del prodotto, in particolare:

- specifiche tecniche;
- certificati di prova presso Laboratori Ufficiali;
- campioni del prodotto;
- campioni di lavorazione o applicazione da eseguirsi in luogo.

Nel caso in cui gli atti e i documenti di progetto presentino elementi di discordanza tra loro, prevarrà la versione più favorevole alla Stazione Appaltante, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori.

## **2 MATERIALI E FORNITURE**

### **2.1 GENERALITÀ**

Per la provvista di materiali in genere, si richiamano espressamente le prescrizioni del vigente Capitolato Generale dei Lavori Pubblici; i materiali e le forniture in genere dovranno essere rispondenti alle prescrizioni di progetto, di Capitolato o di contratto oltretutto a tutte le norme cui sono assoggettati, siano esse richiamate o meno negli stessi documenti.

In mancanza di particolari prescrizioni i materiali dovranno essere della migliore qualità esistente in commercio.

I materiali occorrenti per la realizzazione dei lavori di restauro e consolidamento dovranno essere compatibili con i materiali preesistenti in modo da non interferire negativamente con le proprietà fisiche, chimiche e meccaniche dei manufatti da risanare. A tale scopo, potrà essere facoltà del Direttore dei Lavori e della competente Soprintendenza fare richiesta dell'esecuzione preliminare di indagini e/o analisi di laboratorio volte alla caratterizzazione dei materiali esistenti.

A meno che non sia appositamente indicato nelle voci di Elenco Prezzi, l'Impresa potrà approvvigionare i materiali e le forniture ovunque lo ritenga opportuno, purché nel rispetto delle normative e dei vincoli di contratto e fatta salva l'approvazione della Direzione Lavori, alla quale vanno preventivamente consegnati i certificati comprovanti la rispondenza dei materiali approvvigionati ai requisiti richiesti.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle schede tecniche indicate dal fornitore dei materiali/opere. In caso di difformità tra indicazioni delle schede tecniche e le prescrizioni di progetto l'Impresa dovrà tempestivamente avvisare la D.L. al fine di consentire la valutazione del tipo di intervento più idoneo.

Le difficoltà che si dovessero presentare all'Impresa per l'approvvigionamento di materiali aventi i requisiti minimi da contratto sono sempre e comunque da ritenersi compensate dai prezzi offerti dall'Impresa per ogni materiale.

Malgrado l'accettazione dei materiali da parte della Direzione dei Lavori, l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere anche per quanto può dipendere dai materiali stessi.

Sempre restando valido, in generale, quanto sopra stabilito, i materiali da impiegare nei lavori dovranno corrispondere, in particolare, ai requisiti fissati ai successivi paragrafi.

Per le norme citate nel presente Capitolato la DL potrà richiedere l'applicazione di eventuali aggiornamenti e/o integrazioni più recenti.

## 2.2 CONDIZIONI GENERALI DI ACCETTAZIONE DEI MATERIALI

Prima dell'inizio dei lavori e in ogni caso almeno 15 giorni prima della messa in opera dei materiali approvvigionati, l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori tutti gli elementi necessari all'identificazione del tipo di prodotto e delle sue proprietà; in particolare l'Impresa dovrà essere in grado di consegnare tutti i certificati relativi alle prove richieste dalle normative vigenti, prescritte nei documenti contrattuali o comunque richieste dalla Direzione Lavori, fatto salvo il diritto della stessa di procedere in ogni momento al prelievo di campioni, nel numero e modalità volute, da sottoporre a ulteriori prove.

Tutte le prove sui materiali dovranno essere effettuate presso i laboratori autorizzati ai sensi dell'Art. 20 della legge n°1086 del 5/11/1971 e della Circolare Min. LL.PP N. 346/STC Prot. 346/STC del 14/12/1999 e, per materiali non previsti nelle citate norme, in Laboratori ritenuti idonei dalla Direzione Lavori.

L'impresa dovrà curare l'esecuzione di tutte le indagini e i controlli di accettazione previsti dalle norme tecniche vigenti (NTC 2018 e successive integrazioni).

**Tutte le spese per il prelievo, l'invio dei campioni ai citati Laboratori e la realizzazione delle prove saranno a carico dell'Impresa.**

Gli addetti al Laboratorio come quelli della Direzione Lavori, dovranno avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri ove avviene l'approvvigionamento, la confezione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto.

Per i campioni asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere, a sua cura e spese, al ripristino della parte manomessa.

Le prove sopraddette, se necessario, potranno essere ripetute anche per materiali e forniture della stessa specie e provenienza, con prelievo ed invio sempre a spese dell'Impresa.

Potrà essere ordinata la conservazione dei campioni, munendoli di sigilli e firma del Direttore dei Lavori e del Responsabile del Cantiere per conto dell'Impresa, al fine di garantirne l'autenticità.

Per alcune forniture e/o materiali sarà possibile, a insindacabile giudizio della Direzione Lavori, verificare la rispondenza dei prodotti alle prescrizioni di progetto tramite la presentazione di schede tecniche ovvero di certificati riferiti a prove eseguite presso lo stabilimento del produttore.

La decisione della Direzione Lavori di omettere, in tutto o in parte, le prove su alcuni materiali, non esime in alcun modo l'Impresa dal fornire materiali pienamente rispondenti ai requisiti richiesti.

Sui manufatti di valore storico-artistico, salvo diverse indicazioni riportate negli elaborati di progetto, sarà inoltre cura dell'Appaltatore:

- determinare lo stato di conservazione dei manufatti da restaurare;
- individuare l'insieme delle condizioni ambientali e climatiche cui è esposto il manufatto;
- individuare le cause e i meccanismi di alterazione;
- controllare l'efficacia e l'innocuità dei metodi d'intervento mediante analisi di laboratorio da effettuare secondo i dettami delle "raccomandazioni NORMAL" pubblicate dalle commissioni istituite e recepite dal Ministero per i Beni Culturali col decreto n. 2093 del 11-1 1-82. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme del C.N.R., verrà effettuato in contraddittorio con l'Appaltatore e sarà appositamente verbalizzato.

Sarà cura dell'Impresa verificare la costanza dei requisiti dei materiali approvvigionati, e comunicare tempestivamente alla Direzione Lavori ogni variazione di fornitore e/o di prodotto. L'esito favorevole delle prove e/o l'accettazione del materiale da parte della Direzione Lavori non esonera in alcun modo l'Impresa da ogni responsabilità qualora i materiali messi in opera non raggiungessero i requisiti richiesti; in tal caso, e fino a collaudo definitivo, è ancora diritto della Direzione Lavori di rifiutare i materiali, anche già posti in opera, che non rispondessero ai requisiti minimi contrattuali. I materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede di lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'Impresa.

Qualora l'Impresa non effettuasse la rimozione nel termine prescritto dal Direttore dei Lavori, vi provvederà direttamente la D.L. stessa a totale spesa dell'Impresa, a carico della quale resterà anche qualsiasi danno derivante

dalla rimozione così eseguita.

L'appaltatore che nel proprio interesse o di sua iniziativa abbia impiegato materiali o componenti di caratteristiche e/o quantità superiori a quelle prescritte nei documenti contrattuali, o eseguito una lavorazione più accurata, non ha diritto ad aumento dei prezzi e la contabilità è redatta come se i materiali avessero le caratteristiche stabilite.

Nel caso sia stato autorizzato da parte della Direzione dei Lavori, per ragioni di necessità o convenienza, l'impiego di materiali o componenti aventi qualche carenza nelle dimensioni, nella consistenza o nella qualità, ovvero sia stata autorizzata una lavorazione di minor pregio, sarà insindacabile facoltà della Direzione dei Lavori applicare una adeguata riduzione del prezzo in sede di contabilizzazione, sempre che l'opera sia accettabile senza pregiudizio e salve le determinazioni definitive dell'organo di collaudo.

I materiali potranno essere posti in opera solamente dopo essere stati accettati dalla Direzione dei Lavori.

## 2.3 TOLLERANZE DIMENSIONALI

Le tolleranze di tutti gli elementi costruttivi costituenti le opere oggetto dell'Appalto dovranno in generale rispettare quanto prescritto nella norma UNI 10462:1995 Elementi edili. Tolleranze dimensionali. Definizione e classificazione. che "... definisce le differenti forme di tolleranza applicabili quando si tratta di presentare la qualità geometrico-dimensionale propria e di elementi ed opere, nonché quando si tratti di specificare i livelli di accuratezza geometrico-dimensionale per la realizzazione dei componenti e delle opere in genere. In particolare la progettazione definisce le specificazioni riguardanti operazioni di fabbricazione degli elementi, di tracciamento in cantiere e di montaggio. Si applica agli elementi edili sia prefabbricati in situ, e conseguentemente a tutte le opere e a tutti gli spazi che si configurano nelle costruzioni ...".

L'Appaltatore è inoltre tenuto a informarsi sempre, prima dell'inizio dei lavori, delle tolleranze richieste dai costruttori o dai fornitori per gli elementi non strutturali quali serramenti e rivestimenti ed altre opere di finitura.

Per le tolleranze dimensionali dei differenti tipi di elementi strutturali si rimanda ai relativi paragrafi.

## 2.4 PROVE DEI MATERIALI

### 2.4.1 CERTIFICATO DI QUALITÀ

L'Appaltatore, per poter essere autorizzato ad impiegare i vari tipi di materiali (misti lapidei, conglomerati bituminosi, conglomerati cementizi, terre, cementi, acciai, ecc.) prescritti dalle presenti Norme Tecniche, dovrà esibire, prima dell'impiego, alla Direzione dei Lavori, per ogni categoria di lavoro, i relativi "Certificati di qualità" rilasciati da un Laboratorio ufficiale e comunque secondo quanto prescritto dalle norme vigenti.

Si rammenta in via generale, anche in assenza di specifica richiesta ai paragrafi successivi, la necessità di accompagnare i prodotti da costruzione, ove previsto, con la Dichiarazione di Prestazione (DoP), secondo quanto previsto ai sensi del **Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011)**, con etichettatura di marcatura CE rispondente ai contenuti dell'art.8 e 9 del CPR stesso.

Tali certificati dovranno contenere tutti i dati relativi alla provenienza e alla individuazione dei singoli materiali o loro composizione, agli impianti o luoghi di produzione, nonché i dati risultanti dalle prove di laboratorio atte ad accertare i valori caratteristici richiesti per le varie categorie di lavoro o di fornitura in un rapporto a dosaggi e composizioni proposte.

I certificati dovranno essere rinnovati ogni qualvolta risultino incompleti o si verifichi una variazione delle caratteristiche dei materiali, delle miscele o degli impianti di produzione.

Qualora, in funzione del particolare valore architettonico e storico del manufatto, per le operazioni di restauro sia necessario utilizzare materiali e metodi tradizionali (es. mattoni e legname antico e di recupero) potranno essere applicate le deroghe previste dal regolamento UE (art. 5 del Regolamento UE n° 305/2011 e successive modifiche ed integrazioni). In tale caso, in accordo con la D.L. ed il collaudatore, dovranno comunque essere previste specifiche prove ed indagini integrative atte a garantire l'idoneità dei materiali e delle tecniche impiegate.

### 2.4.2 ACCERTAMENTI PREVENTIVI

Prima dell'inizio dei lavori la Direzione dei Lavori, presa visione dei certificati di qualità presentati dall'Appaltatore, disporrà, se necessario (e a suo insindacabile giudizio) ulteriori prove di controllo di laboratorio a spese dell'Appaltatore.

Se i risultati di tali accertamenti fossero difformi rispetto a quelli dei certificati, si darà luogo alle necessarie variazioni qualitative e quantitative dei singoli componenti e all'emissione di un nuovo certificato di qualità.

Per tutti i ritardi nell'inizio dei lavori derivanti dalle difformità sopra accennate e che comportino una protrazione del tempo utile contrattuale sarà applicata la penale prevista nello specifico articolo delle Norme Generali.

#### 2.4.3 PROVE DI CONTROLLO IN FASE ESECUTIVA

L'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo, e di norma periodicamente per le forniture di materiali di impiego continuo, alle prove ed esami dei materiali impiegati e da impiegare, sottostando a tutte le spese di prelevamento, di formazione e di invio dei campioni ai Laboratori ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

Tutte le prove ed analisi dei materiali saranno eseguite a spese dell'Appaltatore. I campioni verranno prelevati in contraddittorio. Degli stessi potrà essere ordinata la conservazione in appositi locali, indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme della Direzione dei Lavori e dell'Appaltatore e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

I risultati ottenuti in tali Laboratori saranno i soli riconosciuti validi dalle due parti; ad essi si farà esclusivo riferimento a tutti gli effetti delle presenti Norme Tecniche.

#### 2.4.4 PRESCRIZIONI PARTICOLARI

Altre prescrizioni particolari relative alle operazioni di cui ai precedenti paragrafi sono contenute negli articoli che seguono, riferite specificatamente alle singole categorie di lavoro.

Tutte le prove sui materiali e sulle strutture realizzate utili all'accettazione dei materiali ed al collaudo delle opere compiute saranno eseguite a spese dell'Appaltatore.

### 2.5 MATERIALI NATURALI E DI CAVA

#### 2.5.1 ACQUA

Oltre ad essere dolce e limpida, dovrà anche avere un PH neutro ed una torbidezza non superiore al 2%. In ogni caso non dovrà presentare tracce di sali (in particolare solfati di magnesio o di calcio, cloruri, nitrati in concentrazione superiore allo 0,5%), di aggressivi chimici e di inquinamenti organici o inorganici.

Tutte le acque naturali limpide (ad esclusione della sola acqua di mare) potranno essere usate per le lavorazioni. Le acque, invece, che provengono dagli scarichi industriali o civili, poiché contengono sostanze (zuccheri, oli grassi, acidi, basi) capaci d'influenzare negativamente la durabilità dei lavori, dovranno essere vietate per qualsiasi tipo di utilizzo.

Per quanto riguarda le acque torbide, le sostanze in sospensione non dovranno superare il limite di 2 gr/lit.

#### Acqua per puliture

Dovranno essere utilizzate acque assolutamente pure, prive di sali e calcari. Per la pulitura di manufatti a pasta porosa si dovranno utilizzare acque deionizzate ottenute tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO<sub>3</sub>H) e basiche (RNH<sub>3</sub>OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non rende le acque sterili: nel caso in cui sia richiesta sterilità, si potranno ottenere acque di quel tipo operando preferibilmente per via fisica.

#### 2.5.2 SABBIA

La sabbia naturale o artificiale da miscelare alle malte (minerali o sintetiche) sia essa silicea, quarzosa, granitica o calcarea, non solo dovrà essere priva di sostanze inquinanti ma anche possedere una granulometria adatta alle specifiche applicazioni e provenire da rocce con alte resistenze meccaniche. La sabbia, all'occorrenza, dovrà essere

lavata onde eliminare qualsiasi sostanza nociva.

Per applicazioni a vista l'origine, la granulometria e le caratteristiche cromatiche degli inerti dovranno essere concordati con la D.L. ed eventualmente con la Soprintendenza.

#### 2.5.2.1 *Sabbia per murature ed intonaci*

Dovrà essere costituita da grani di dimensioni tali da passare attraverso un setaccio con maglie circolari dal diametro di mm 2 per murature in genere e dal diametro di mm 1 per intonaci e murature di paramento o in pietra da taglio (setaccio 2-1 UNI 2332).

#### 2.5.2.2 *Sabbie per conglomerati*

Dovranno corrispondere a requisiti delle UNI EN 12620 e UNI EN 13043. I grani dovranno avere uno spessore compreso tra 0, 1 e 5 mm (UNI 2332) ed essere adeguati alla destinazione del getto ed alle condizioni di posa in opera (UNI 85230). Per il confezionamento di calcestruzzi e di malte potranno essere usati sia materiali lapidei con massa volumica compresa fra i valori di 2.100 e 2.990 kg/mc sia aggregati leggeri aventi massa volumica inferiore a 1.700 kg/mc. Sarà assolutamente vietato l'uso di sabbie marine.

#### 2.5.3 RINFORZANTI/CARICHE INERTI PER RESINE

Dovranno possedere i requisiti richiesti dai produttori di resine o dalla D.L.

La granulometria dovrà essere adeguata alla destinazione e al tipo di lavorazione. Sarà assolutamente vietato l'utilizzo di sabbie marine o di cava che presentino apprezzabili tracce di sostanze chimiche attive.

I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso di umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; in particolare, salvo diverse istruzioni impartite dalla D.L., le miscele secche di sabbie silicee o di quarzo dovranno essere costituite da granuli puri del diametro di circa 0, 10-0,30 mm per un 25%, di 0, 50-1,00 mm per un 30% e di 1,00-2,00 mm per il restante 45%.

Le polveri (silice ventilata - silice micronizzata) dovranno possedere grani del diametro di circa 50-80 micron e saranno aggiunte, ove prescritto alla miscela secca di sabbie in un quantitativo generalmente di circa il 10-15% in peso (e comunque in funzione delle caratteristiche di viscosità ecc.. da conferire alla resina). In alcune applicazioni potranno essere usate fibre di vetro sia del tipo tessuto che non tessuto, e fiocchi di nylon.

L'impresa dovrà definire le caratteristiche tecniche dei rinforzanti, dei riempitivi, degli addensanti e di tutti gli altri agenti modificatori per resine in base all'impiego ed alla destinazione.

#### 2.5.4 GHIAIA E PIETRISCO

Le ghiaie, prodotte dalla frantumazione naturale delle rocce o di materiali analoghi ottenuti per frantumazione artificiale di ciottoli o blocchi di roccia, dovranno avere i seguenti requisiti:

- buona resistenza alla compressione;
- bassa porosità in modo che sia assicurato un basso coefficiente di imbibizione;
- assenza dei composti idrosolubili (es. gesso);
- assenza di sostanze polverose, argillose o di terreno organico in quanto tali materiali impediscono agli impasti di calce e cemento di aderire alla superficie degli aggregati inerti.

Per il controllo granulometrico sarà obbligo dell'Appaltatore effettuare controlli con i crivelli UNI 2334 su richiesta della DL.

#### 2.5.4.1 *Ghiaia e pietrisco per conglomerati cementizi*

La dimensione dei granuli degli aggregati dovrà essere prescritta dalla D.L. in base alla destinazione d'uso e alle modalità d'applicazione. Le loro caratteristiche tecniche dovranno essere quelle stabilite dal D.M. 27.07.1985, All. 1, punto 2 e dalla norma UNI 7466-1-2-3/75. Per i materiali necessariamente forniti con marcatura CE dovranno essere rispettate le norme armonizzate UNI EN 12620.

Dovranno essere costituiti da elementi non gelivi privi di parti friabili e polverulente o scistose, argilla e sostanze organiche; non dovranno contenere i minerali pericolosi: pirite, marcasite, pirrotina, quarzo ad estensione ondulata,



gesso e solfati solubili.

La dimensione massima ( $D_{max}$ ) dell'aggregato deve essere tale da permettere che il conglomerato possa riempire ogni parte del manufatto; dovrà pertanto risultare:

- minore di 0,25 volte la dimensione minima delle strutture;
- minore della spaziatura minima tra le barre di armatura, diminuita di 5 mm;
- minore di 1,3 volte lo spessore del copriferro, tranne che per interni di edifici (norma UNI 8981/5).

Prima di ogni getto dovrà essere verificata la compatibilità delle indicazioni generali di progetto alla specifiche esigenze di cantiere, in particolare ove le armature risultino particolarmente fitte o la dimensione del getto particolarmente contenuta.

#### 2.5.4.2 *Aggregati*

Gli inerti utilizzati per il confezionamento di calcestruzzi, malte, betoncini, devono essere conformi a quanto previsto dal DM 17/01/2018 ed alla norma europea armonizzata UNI EN 12620 nonché, per la sua applicazione in Italia, alle relative norme UNI 8520-1 e UNI 8520-2.

In particolare gli inerti devono avere la marcatura CE corrispondente al sistema di attestazione della conformità 2+.

L'aggregato dovrà essere designato secondo quanto previsto dalla norma UNI 8520-1:2005 e dovrà essere consegnata alla Direzione dei Lavori per l'approvazione dell'inerte la documentazione attestante le proprietà riportate nelle norme sopraccitate.

Devono essere costituiti da elementi non gelivi e non friabili, privi di sostanze organiche, limose ed argillose, di silice reattiva verso gli alcali di cemento, di solfati solubili, pirite, pirrotite, di parti polverulente o di ogni altra sostanza che possa compromettere l'indurimento e la resistenza del calcestruzzo o la conservazione delle armature.

La massa volumica media del granulo in condizioni s.s.a. (saturo a superficie asciutta) deve essere pari o superiore a 2300 kg/mc. A questa prescrizione si potrà derogare solo in casi di comprovata impossibilità di approvvigionamento locale, purché si continuino a rispettare le prescrizioni in termini di resistenza caratteristica a compressione e di durabilità specificati nel presente Capitolato Speciale d'Appalto. Per opere caratterizzate da un elevato rapporto superficie/volume, laddove assume un'importanza predominante la minimizzazione del ritiro igrometrico del calcestruzzo, occorrerà preliminarmente verificare che l'impiego di aggregati di minore massa volumica non determini un incremento del ritiro rispetto ad un analogo conglomerato confezionato con aggregati di massa volumica media maggiore di 2300 kg/mc. Per i calcestruzzi con classe di resistenza caratteristica a compressione maggiore di C50/60 preferibilmente dovranno essere utilizzati aggregati di massa volumica maggiore di 2600 kg/mc.

Fatte salve ulteriori richieste della Direzione dei Lavori, gli inerti impiegati dovranno soddisfare ai seguenti requisiti:

- resistenza alla frammentazione / frantumazione alla prova Los Angeles: LA30 (punto 5 EN 1097-2);
- resistenza al gelo: categoria  $\leq$  F2 (UNI EN 1367-1);
- disgregazione in solfato di magnesio: categoria  $\leq$  MS25 (UNI EN 1367-2);
- presenza di gesso e solfati solubili (UNI EN 1744-1)  $\leq$  0,2 (AS0,2);
- equivalente in sabbia  $SE \geq 80$ , valore di  $MB < 1,2$  g/kg per i fini (UNI EN 933-9);
- presenza di solfuri ossidabili (pirite e pirrotite, ecc) (UNI EN 1744-1): contenuto nullo;
- contenuto di cloruri solubili in acqua:  $< 0,03\%$  (UNI EN 1744-1 punto 7);
- contenuto totale di zolfo:  $\leq 0,1\%$  (UNI EN 1744-1 punto 11);
- minerali potenzialmente reattivi agli alcali: espansione a 6 mesi  $< 0,1\%$  (UNI 8520-22);
- contenuto di contaminanti leggeri: aggregati fini  $\leq 0,5\%$  e aggregati grossi  $\leq 0,1\%$  (UNI EN 1744-1 punto 14.2.2);
- massa volumetrica media del granulo:  $MV > 2300$  kg/m<sup>3</sup> (UNI EN 1097-6);
- assorbimento acqua aggregato grosso:  $\leq 1$  (UNI EN 1097-6);
- costituenti che alterano la presa e l'indurimento del calcestruzzo: il contenuto di tali materiali deve soddisfare i requisiti del punto 6.4.1. della UNI EN 12620;

- contenuto di solfati solubili in acido (espressi come SO<sub>3</sub> da determinarsi con la procedura prevista dalla UNI-EN 1744-1 punto 12): < 0.2% sulla massa dell'aggregato indipendentemente se l'aggregato è grosso oppure fine (aggregati con classe di contenuto di solfati AS0,2).

Non dovranno contenere forme di silice amorfa alcali-reattiva o in alternativa dovranno evidenziare espansioni su prismi di malta, valutate con la prova accelerata e/o con la prova a lungo termine in accordo alla metodologia prevista dalla UNI 8520-22, inferiori ai valori massimi riportati nel prospetto 6 della UNI 8520 parte 2.

Non sono ammessi aggregati provenienti da riciclo e/o lavorazioni industriali.

Non sono accettati aggregati contenenti specie reattive (punto 4.3 UNI 8529-2).

#### 2.5.5 POMICE, ARGILLA ESPANSA ED ALTRI INERTI LEGGERI

Dovranno possedere la granulometria prescritta dagli elaborati di progetto, essere asciutti ed esenti da alterazioni, polveri, sostanze organiche e materiali estranei (UNI 7549/1-12/76). Se utilizzati per miscele strutturali dovranno possedere la resistenza meccanica indicata negli elaborati di progetto e comunque non inferiore ai 15 N/mm<sup>2</sup>.

Non dovranno essere attaccabili da acidi e dovranno conservare le loro qualità in un largo intervallo di temperatura. In genere le argille espanse dovranno essere in grado di galleggiare sull'acqua senza assorbirla. Sarà comunque possibile utilizzare argille espanse pre-trattate con resine a base siliconica in grado di conferire all'inerte la massima impermeabilità evitando fenomeni di assorbimento di acque anche in minime quantità.

#### 2.5.6 PIETRE NATURALI E MARMI

Le pietre naturali da impiegare per la muratura o per qualsiasi altro lavoro dovranno essere di grana compatta ed esenti da piani di sfaldamento, screpolature, venature ed inclusioni di sostanze estranee; inoltre, dovranno avere dimensioni adatte al particolare tipo di impiego, offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui dovranno essere sottoposte e possedere un'efficace capacità di adesione alle malte.

Il carico di sicurezza a compressione non dovrà mai superare il 20% del rispettivo carico di rottura. Saranno escluse, salvo specifiche prescrizioni, le pietre gessose ed in generale tutte quelle che potrebbero subire alterazioni per l'azione degli agenti atmosferici o dell'acqua corrente. I materiali dovranno riportare la marcatura CE e rispettare le vigenti norme UNI specifiche per ciascun settore di impiego. Es: UNI EN 1341 per lastre in pietra naturale per pavimentazioni esterne, UNI EN 1342 per cubetti in pietra naturale per pavimentazioni esterne, UNI EN 1467 per blocchi grezzi, UNI EN 1468 per lastre grezze.

Salvo diverse indicazioni specificamente espresse, si intendono compensate tutte le lavorazioni superficiali (fiammatura, sabbiatura, bocciardatura, burratura, graffiatura ecc.) che verranno concordate in corso d'opera con la D.L. ed eventualmente con la Soprintendenza sulla base di campionature.

Nelle applicazioni di restauro in genere verrà prevista l'antichizzazione delle lastre ottenuta mediante spazzolatura (al fine di riprodurre l'effetto di usura nel tempo accentuando le venature del materiale) escludendo i trattamenti effettuati con acidi. Il grado di trattamento da raggiungere dovrà essere concordato con la D.L., che a tale scopo potrà fare richiesta di prove e campionature preliminari.

Le lastre per integrazioni e/o tasselli in interventi di restauro/risanamento dovranno essere dello stesso tipo di quelle esistenti, preferibilmente di recupero, in particolare dovranno avere caratteristiche rispondenti a quelle specificate dalla Soprintendenza e dalla D.L., quali ad esempio colore, venatura, spessore, dimensioni, finitura dei bordi, finitura superficiale, finitura dei giunti.

##### *2.5.6.1 Pietre da taglio*

Oltre a possedere i requisiti delle pietre naturali, dovranno essere sonore alla percussione, prive di fenditure e litoclasti e possedere una perfetta lavorabilità.

Sarà vietato l'impiego di materiali con venature disomogenee o, in genere, di brecce.

Inoltre dovranno avere idonea resistenza a compressione, resistenza a flessione, tenacità (resistenza agli urti), capacità di resistenza agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, lavorabilità (attitudine ad essere trasformate in blocchi squadrati, in lastre, colonne, capitelli, comici) e lucidabilità (nel caso di elementi "a vista").

L'impresa dovrà verificare che gli elementi vengano lavorati e posati in opera in modo tale che i piani di venatura vengano orientati secondo le corrette giaciture in funzione delle singole applicazioni.

Quand'anche si tratti di facce semplicemente abbozzate, esse dovranno venire lavorate sotto regolo in modo da non presentare incavi o sporgenze maggiori di 2 cm rispetto al piano medio; le pietre lavorate a punta grossa non presenteranno irregolarità maggiori di 1 cm.

Per le pietre lavorate a punta mezzana od a punta fina, i letti di posa saranno lavorati a perfetto piano, e le facce dovranno avere gli spigoli vivi e ben rifilati in modo che le connesure non eccedano i 5 mm.

Dove sia prescritta la lavorazione a martellina, le superfici e gli spigoli dovranno essere lavorati in modo che le commesure non eccedano i 3 mm.

Non saranno tollerate né smussature negli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi.

#### *2.5.6.2 Lastre per tetti, per cornicioni e simili*

Saranno preferibilmente costituite da rocce impermeabili (poco porose), durevoli ed inattaccabili al gelo, che si possano facilmente trasformare in lastre sottili (scisti, lavagne). Il materiale dovrà presentare marcatura.

#### *2.5.6.3 Lastre per interni*

Dovranno essere costituite preferibilmente da pietre perfette, lavorabili, trasformabili in lastre lucidabili, tenaci e resistenti all'usura. Per il pezzame "a bollettonato" si dovrà valutare il coefficiente di usura secondo l'Art. 5 del R.D. 2234 del 16.11.1939. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.

#### *2.5.6.4 Tufi*

Dovranno possedere una struttura litoide, solida ed omogenea. La loro massa non dovrà essere inferiore a 1600 kg/m<sup>3</sup> e la resistenza a compressione a 35 kg/cm<sup>2</sup> (a secco) e a 25 kg/cm<sup>2</sup> (bagnato). Sarà vietato l'utilizzo di tufi friabili o a base di pomice.

#### *2.5.6.5 Marmi*

Dovranno essere della migliore qualità, privi di scaglie, brecce, vene, spaccature, nodi o altri difetti che li renderebbero fragili e poco omogenei. Non saranno tollerate stuccature, tasselli, rotture e scheggiature. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.

## **2.6 CALCI, POZZOLANE, LEGANTI IDRAULICI, LEGANTI IDRAULICI SPECIALI E LEGANTI SINTETICI**

### 2.6.1 MODALITÀ DI FORNITURA E CONSERVAZIONE.

L'approvvigionamento dei leganti potrà essere effettuato sia ricorrendo al prodotto sfuso che a quello confezionato in sacchi sigillati su cui dovranno essere chiaramente indicati il peso, la qualità del legante, lo stabilimento di produzione, la quantità di acqua occorrente per il confezionamento di una malta normale e le resistenze minime a trazione ed a compressione dopo 28 gg di stagionatura dei provini. L'introduzione in cantiere di ogni partita di legante dovrà essere annotata sul giornale dei lavori o sul registro dei getti; la conservazione dei leganti dovrà essere effettuata in locali asciutti e su tavolati in legname approntati a cura dell'Appaltatore.

Tutti i cementi/leganti che all'atto dell'utilizzo dovessero risultare alterati verranno rifiutati ed allontanati.

Le calci aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori, dovranno pertanto essere conformi al DM 17/01/2018, norme tecniche per le costruzioni, ed alla UNI EN 998-2, UNI EN 1015-11:2007.

### 2.6.2 CALCI AEREE

Le calci, ottenute dalla cottura di calcare, dovranno possedere caratteristiche d'impiego richieste dal R.D. n. 2231

del 1939 (G.U. 18.04.1940) che prende in considerazione i tipi di calce indicati di seguito, e dalle UNI EN 459-1, UNI EN 459-2, UNI EN 459-3:

- calce grassa in zolle, cioè calce viva in pezzi, con contenuto di ossidi di calcio e magnesio non inferiore al 94% e resa in grassello non inferiore al 2,5%;
- calce magra in zolle o calce viva contenente meno del 94% di ossidi di calcio e magnesio e con resa in grassello non inferiore a 1,5%;
- calce idrata in polvere ottenuta dallo spegnimento della calce viva, si distingue: in fiore di calce quando il contenuto minimo degli idrossidi di calcio Magnesio non S inferiore al 91%; calce idrata da costruzione quando il contenuto minimo degli idrossidi non S inferiore all'82%. In entrambi i tipi di calce idrata il contenuto massimo di carbonati e d'impurità non dovrà superare il 6% e l'umidità il 3%.

Per quanto riguarda la finezza dei granuli, la setacciatura dovrà essere praticata con vagli aventi fori di 0,18 mm e la parte trattenuta dal setaccio non dovrà superare l'1% nel caso del fiore di calce ed il 2% nella calce idrata da costruzione; se, invece, si utilizza un setaccio da 0,09 mm la parte trattenuta non dovrà essere superiore al 5% per il fiore di calce e del 15% per la calce idrata da costruzione. Quest'ultima dovrà essere confezionata con idonei imballaggi e conservata in locali ben asciutti. Nelle confezioni dovranno essere ben visibili le indicazioni del produttore, il peso del prodotto e la specifica se trattasi di fiore di calce o di calce idrata da costruzione.

### 2.6.3 LEGANTI IDRAULICI

I cementi e le calce idrauliche dovranno possedere le caratteristiche d'impiego stabilite dal DM 17/01/2018; invece, le norme relative all'accettazione e le modalità d'esecuzione delle prove d'idoneità e collaudo saranno regolate dal decreto precedentemente citato e dalla UNI EN 1015-11: 2007.

Nelle applicazioni di restauro/consolidamento di strutture esistenti, salvo diversa indicazione della D.L., dovranno essere utilizzate esclusivamente calce idrauliche naturali classificate come NHL secondo UNI EN 459-1:2010 con resistenza non inferiore a M2.5 (secondo UNI EN 998-2 – 2004).

Nelle applicazioni strutturali, salvo diversa indicazione degli elaborati progettuali, la resistenza non dovrà essere inferiore a M5 (secondo UNI EN 998-2 – 2004) ovvero dovrà essere previsto l'utilizzo di calce NHL5.

Solo su autorizzazione della D.L. potranno essere utilizzate calce idrauliche naturali con materiali aggiunti (FL secondo UNI EN 459-1:2010) o altre calce purché venga garantita l'assenza di sali solubili e la compatibilità chimico fisica con i materiali esistenti.

### 2.6.4 POZZOLANE

Per quanto concerne le norme per l'accettazione delle pozzolane e dei materiali a comportamento pozzolanico si farà riferimento al R.D. 16.11.1939, n. 2230 sue successive integrazioni e modifiche e a tutte le norme UNI applicabili vigenti.

### 2.6.5 GESSI PER L'EDILIZIA

I gessi per l'edilizia, distinti in base alla loro destinazione (per muri, intonaci, pavimenti, ecc.) in base alla UNI 6782, avranno le caratteristiche fisiche (granulometria, resistenza) e chimiche (tenore solfato di calcio, contenuto d'impurità) fissate dalla norma UNI 8377. Non dovranno inoltre essere impiegati, salvo espressa indicazione contraria, a contatto di leghe di ferro.

### 2.6.6 LEGANTI IDRAULICI SPECIALI

Cementi a presa rapida - Dovranno rispondere alle sopraindicate norme sui cementi ed essere conservati al riparo dall'umidità; le modalità di posa in opera dovranno rispettare scrupolosamente le prescrizioni del produttore e gli sfri di, a presa avvenuta, essere portati a rifiuto.

Cementi privi di ritiro - Costituiti da cemento portland, agenti espansivi (solfoalluminati di calcio) ed agenti stabilizzanti avranno le seguenti caratteristiche:

- assenza di ritiro sia in fase plastica che in fase d'indurimento (UNI 6555- 73);
- consistenza (slump) generalmente compresa fra i valori di 14-20 cm.;
- assenza di acqua essudata (bleeding) UNI 7122;
- buona lavorabilità e lungo mantenimento della stessa (UNI 7123/72);
- ottima capacità di adesione su diversi tipi di supporti (UNI 10020/72);
- resistenze meccaniche adeguate alla specifica applicazione (UNI 6132/72, 6235/72, 6556) Verranno impiegati miscelandoli con l'esatto quantitativo d'acqua consigliato dal produttore e gli sfridi, una volta rappresi, dovranno essere trasportati a rifiuto.

L'Appaltatore dovrà prestare particolare attenzione alla loro stagionatura umida ricorrendo alle modalità consigliate dal produttore.

## 2.6.7 LEGANTI SINTETICI

### 2.6.7.1 *Resine - Generalità*

L'utilizzo di detti materiali, la provenienza, la preparazione, il peso dei singoli componenti e le modalità d'applicazione saranno concordati con la D.L. dietro la sorveglianza e l'autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Trovandosi in presenza di manufatto di particolare valore storico-artistico sarà vietato, salvo specifica disposizione degli elaborati di progetto, in assenza di analisi di laboratorio, di prove applicative o di specifiche garanzie da parte della ditta produttrice sull'effettiva irreversibilità dell'indurimento ed in mancanza di una comprovata compatibilità chimica, fisica e meccanica con i materiali edili preesistenti, utilizzare prodotti di sintesi chimica.

Le caratteristiche dei suddetti prodotti saranno conformi alle norme UNICHIM, mentre le analisi di laboratorio relative alle indagini preliminari per la scelta dei materiali saranno quelle stabilite dalle raccomandazioni NORMAL. In particolare le caratteristiche qualitative dei legami organici in base alloro impiego saranno le seguenti:

- perfetta adesione ai comuni materiali da costruzione ottenuta mediante la formazione di un sufficiente numero di gruppi polari capaci di stabilire legami fisici d'affinità con i costituenti sia minerali che organici dei materiali trattati;
- buona stabilità alla depolimerizzazione ed all'invecchiamento;
- elevata resistenza all'attacco chimico operato da acque, sostanze alcaline o da altri tipi di aggressivi chimici;
- limitatissimo ritiro in fase d'indurimento.

Ove necessario per garantire un'ottimale esecuzione dell'incollaggio (es. inghisaggi in fori inclinati verso l'alto e/o in materiale fratturato ecc.) le resine dovranno essere caratterizzate da una tixotropia elevata. La viscosità della resina dovrà essere inoltre adeguata al tipo di applicazione.

In tutti gli incollaggi, particolare cura dovrà essere adottata per una adeguata preparazione del supporto che dovrà essere liberato dalle parti decoese, perfettamente pulito ed preliminarmente trattato con primer al fine di assicurare una ottimale adesione. In particolare l'incollaggio dovrà assicurare un'adesione al supporto superiore alla resistenza a trazione del materiale base (nelle prove di adesione la superficie di frattura dovrà risultare generalmente all'interno dell'aderendo, "frattura coesiva").

In generale le resine utilizzate negli inghisaggi e negli incollaggi dovranno essere idonee ad ancoraggi soggetti a sollecitazioni dinamiche.

Tutte le resine utilizzate dovranno possedere marcatura CE ed essere accompagnate da schede tecniche che ne certifichino le caratteristiche fisico-meccaniche sulla base di prove di laboratorio.

### 2.6.7.2 *Resine epossidiche*

Derivate dalla condensazione del bisfenolo A con epichloridrina, potranno essere del tipo solido o liquido. In combinazione con appositi indurenti amminici che ne caratterizzano il comportamento, potranno essere utilizzate anche miscele con cariche minerali, riempitivi, solventi ed addensanti, solo dietro approvazione del D.L., per lavori in cui sarà necessario sfruttare le loro elevatissime capacità adesive. Saranno vietati tutti i trattamenti superficiali che potrebbero sostanzialmente modificare l'originario effetto cromatico dei manufatti (UNI 7097-72). Le caratteristiche

meccaniche, le modalità applicative e gli accorgimenti antinfortunistici sono regolati dalle norme UNICHIM.

I prodotti utilizzati non dovranno presentare nessun ritiro in fase di polimerizzazione.

In genere in presenza di fori lisci (es. fori carotati), per assicurare una corretta adesione, salvo diversa indicazione della D.L. dovranno essere utilizzati opportuni formulati epossidici.

In ogni caso la resina deve presentare buona resistenza all'umidità ed all'acqua ed ai cicli termici compresi tra -20 °C e +40 °C, mantenere le capacità fisico-meccaniche fino alla temperatura di 120 °C ed essere completamente compatibile con i materiali sui quali ne è previsto l'utilizzo.

In caso di impiego di resina epossidica per l'ancoraggio chimico di barre di armatura, bulloni, barre filettate, questo dovrà comunque garantire un'ottima resistenza ai carichi sia statici che dinamici ed un buon comportamento a fatica.

Per la posa in opera si dovrà fare riferimento a quanto previsto nella scheda tecnica del prodotto scelto dall'Appaltatore, che comunque dovrà essere sottoposto all'approvazione dal parte della Direzione dei Lavori.

Potranno in generale essere utilizzate resine tipo Fischer FIS EM (da iniezione) e ECM-X (colabile) oppure Hilti HIT-RE500-V3 o equivalenti.

#### 2.6.7.3 Resine poliesteri e vinilesteri

Derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi polibasici e le loro anidridi, potranno essere usate sia come semplici polimeri liquidi sia in combinazione con fibre di vetro, di cotone o sintetiche o con calcari, gesso, cementi e sabbie.

Anche per le resine poliesteri valgono le stesse precauzioni, divieti e modalità d'uso enunciati a proposito delle resine epossidiche.

Il prodotto dovrà essere atossico (senza stirene)

Note: potranno in generale essere utilizzate resine tipo Hilti HIT-HY70 o equivalenti.

#### 2.6.7.4 Resine acriliche

Polimeri di addizione dell'estere acrilico o di suoi derivati. Termoplastiche, resistenti agli acidi, alle basi, agli alcoli in concentrazione sino al 40%, alla benzina, alla trementina. Resine di massima trasparenza, dovranno presentare buona durezza e stabilità dimensionale, buona idrorepellenza e resistenza alle intemperie.

A basso peso molecolare presentano bassa viscosità e possono essere lavorate ad iniezione.

Potranno essere utilizzate quali consolidanti ed adesivi, eventualmente miscelati con siliconi, con siliconato di potassio ed acqua di calce. Anche come additivi per aumentare l'adesività (stucchi, malte fluide).

## 2.7 LATERIZI

I laterizi da impiegare per i lavori di qualsiasi genere, dovranno corrispondere alle norme tecniche per le costruzioni D.M. 17/01/2018, ed alle norme UNI vigenti.

I mattoni pieni per uso corrente dovranno essere parallelepipedici, di lunghezza doppia della larghezza (salvo diverse proporzioni dipendenti dall'uso locale), di modello costante, presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza alla compressione non inferiore a quella indicata dalla normativa UNI vigente.

Nelle lavorazioni inerenti restauro e consolidamento di murature storiche dovranno essere utilizzati laterizi aventi caratteristiche fisico-meccaniche, cromatiche e dimensionali compatibili con l'esistente. Si dovranno utilizzare preferibilmente mattoni pieni di recupero possibilmente coevi a quelli della struttura da consolidare o in alternativa elementi realizzati "a mano" con la tecnologia produttiva tradizionale "a pasta molle" (non trafilati) conformi alle norme UNI 8394/83. I mattoni dovranno essere sottoposti preventivamente all'approvazione della D.L.

I mattoni forati, le volterrane ed i tavelloni dovranno pure presentare una resistenza alla compressione di almeno 1.6 MPa di superficie totale premuta (UNI 5631-65; 2105-07).

Gli elementi dovranno essere marchiati e rispondenti alla normativa vigente (UNI EN 1304 e successive modificazioni ed integrazioni). Per utilizzo di beni storici potrà essere richiesto l'utilizzo di elementi di recupero e/o aventi particolari

caratteristiche cromatiche (es. antichizzazione).

Le tegole piane infine non devono presentare difetto alcuno nel nasello.

## **2.8 MATERIALI FERROSI E METALLI VARI**

### **2.8.1 GENERALITÀ**

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione Lavori.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno di regola conformi al DM 2018, norme tecniche per le costruzioni e alle norme UNI vigenti per i singoli materiali. La Direzione Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiale da sottoporre a prova presso Laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto, le spese di esecuzione di tutte le prove sono a carico dell'Impresa. Per ogni operazione di collaudo sarà redatto, a cura e spese dell'Impresa, apposito verbale, che sarà firmato dalla Direzione Lavori e dall'Impresa. Di questo verbale verrà consegnata copia alla Direzione Lavori. Un'altra copia verrà conservata dall'Impresa che avrà obbligo di esibirla a richiesta della Direzione Lavori.

### **2.8.2 MATERIALI FERROSI**

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto di fusione, laminazione, trafilature, fucinatura e simili.

Essi dovranno avere tutte le caratteristiche previste nelle Norme Tecniche per le costruzioni 2018 e relativa Circolare 2019 e da tutte le norme UNI vigenti e presentare inoltre i requisiti minimi indicati ai paragrafi seguenti.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo di marcatura CE dovranno inoltre essere accompagnate dalla seguente documentazione:

- attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- documento di trasporto in copia conforme rilasciato dal produttore dell'acciaio riportante gli estremi dell'attestato di cui al punto precedente.

La forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti sopraccitati rilasciati dal produttore dell'acciaio e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

Non saranno accettate forniture prive della documentazione sopraccitata. A tale proposito l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori, preliminarmente alla fornitura, copia dell'attestato di qualificazione del materiale che intende acquistare per l'approvazione.

#### **2.8.2.1 *Ferro***

Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.

#### **2.8.2.2 *Acciaio da carpenteria***

Gli acciai per carpenteria metallica dovranno corrispondere ai requisiti stabiliti nella UNI EN 1090-1:2012 e UNI EN 1090-2:2011.

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere marcati CE ai sensi della norma UNI EN 1090-1 e la marcatura dovrà risultare leggibile.

Il produttore dovrà essere in possesso della Certificazione del Controllo della Produzione di Fabbrica (FPC) in conformità alla norma UNI EN 1090-1, rilasciata da un organismo notificato.

Il produttore dovrà fornire preventivamente al Direttore dei Lavori, per l'approvazione del materiale, la certificazione relativa alla marcatura CE prevista dalla normativa. Il produttore deve redigere la "Dichiarazione di Prestazione" secondo quanto stabilito nel capitolo 4 e nell'allegato ZA della UNI EN 1090-1. Tutte le forniture dovranno essere

corredate dal suddetto certificato citato nel documento di trasporto. La marcatura CE è apposta in modo visibile, leggibile e indelebile sul prodotto da costruzione o su un'etichetta ad esso applicata. Se ciò fosse impossibile o ingiustificato a causa della natura del prodotto, essa è apposta sull'imballaggio o sui documenti di accompagnamento.

Prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare l'Appaltatore dovrà presentare alla Direzione dei Lavori, in copia riproducibile, i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature (WPS, WPA), e specificatamente: la preparazione dei lembi, le dimensioni dei cordoli, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- la qualificazione dei saldatori;
- gli schemi di montaggio e contrefrecce di officina.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali, nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Appaltatore dovrà inoltre far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione dei Lavori di sottoporre il progetto, le tecnologie di esecuzione delle saldature, alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura, o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione dei Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal DM 17/01/2018 e s.m.i., e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione dei Lavori.

Si precisa che tutti gli acciai dei gradi JR, J0, J2 e superiori da impiegare nelle costruzioni, saranno da sottoporre, in sede di collaudo tecnologico, al controllo della resilienza.

L'impresa costruttrice dovrà in ogni caso utilizzare acciai con resilienza adeguata al tipo di applicazione prevedendo ove necessario, e senza sovrapprezzi, l'utilizzo di materiale con caratteristiche superiori a quello riportato nel progetto.

Tutte le lavorazioni (saldatura, realizzazioni di unioni bullonate ecc..) dovranno essere eseguite secondo le indicazioni del progetto esecutivo e della Direzione Lavori e in conformità con quanto disposto dal D.M. 17/01/2018 e s.m.i. .

Per quanto applicabili e non in contrasto con le suddette Norme, si richiamano qui espressamente anche le seguenti Norme:

- CNR UNI 10011/88, relativa alle costruzioni in acciaio, recante istruzioni per il calcolo, l'esecuzione e la manutenzione.

### 2.8.2.3 Collegamenti bullonati

I collegamenti bullonati dovranno essere eseguiti con bulloni ad alta resistenza di classe indicata negli elaborati di progetto e/o indicata dalla D.L..

Rosette e piastrine dovranno essere realizzate con acciaio di tipo e classe prescritti negli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L..

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 17/01/2018 e di tutte le norme UNI vigenti. Gli elementi dovranno essere prodotti in Centro di Trasformazione, secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018.

Tutti gli elementi del collegamento dovranno recare la marcatura CE.



Sarà facoltà della D.L. rifiutare qualunque fornitura non rispondente ai requisiti sopra citati. Non sarà in questo caso riconosciuto all'Impresa alcun onere aggiuntivo per il prolungarsi dei tempi di esecuzione dell'opera in attesa della nuova fornitura.

I bulloni dovranno essere conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016 e UNI 5592, e dovranno appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1, associate come previsto nel DM 17/01/2018 e s.m.i.:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.9
Dado	4	5	6	8	10

Le giunzioni ad attrito dovranno essere realizzate con i seguenti elementi:

- viti classe 8.8 - 10.9 secondo UNI EN ISO 898-1;
- dadi classe 8 - 10 secondo UNI EN 20898-2;
- rosette in acciaio C 50 secondo UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40;
- piastrine in acciaio C 50 secondo UNI EN 10083-2 temperato e rinvenuto HRC 32 ÷ 40.

Gli elementi di collegamento in acciaio inossidabile (INOX) dovranno essere conformi alla norma UNI EN ISO 3506 "Elementi di collegamento in acciaio inossidabile resistenti a corrosione" ed al DM 17/01/2018 e s.m.i..

Gli elementi di collegamento in acciaio inossidabile, in generale e salvo diversa indicazione, dovranno avere caratteristiche di classe di corrosione e resistenza A2-70.

Eventuali fuori squadra dovranno essere compensati con rosette sferiche o inserimento di piastre a cuneo aventi idonea inclinazione.

In presenza di accoppiamenti tra materiali diversi (es. acciaio ordinario-acciaio inox), per evitare fenomeni di corrosione elettrochimica dovrà essere previsto l'inserimento di rondelle e boccole isolanti.

A discrezione della Direzione Lavori, potranno essere sottoposti a prova dei campioni di elementi di collegamento per ogni lotto di produzione.

#### 2.8.2.4 Collegamenti saldati

Saldature a cordone d'angolo e/o a completa penetrazione di prima classe dovranno essere eseguite secondo quanto previsto dalle Norme Tecniche per la costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 e da tutte le norme UNI vigenti.

Le saldature, sia in officina che in cantiere, saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, **in aggiunta a quello visivo al 100%**, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore dei Lavori; per i cordoni d'angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. esame con liquidi penetranti o con magnetoscopio), mentre per i giunti a piena penetrazione, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

Il numero e l'estensione dei controlli magnetici da eseguire sui cordoni ad angolo verrà stabilita dal Direttore dei Lavori, e dovranno essere eseguiti a cura dell'Impresa. L'estensione delle indagini potrà essere estesa fino al 100% dello sviluppo dei cordoni di saldatura.

Quando richiesto dalla D.L., la fornitura dovrà essere accompagnata dai certificati relativi all'esame eseguito in officina.

Il Direttore dei Lavori potrà, a cura e spese dell'Impresa, ordinare in cantiere ulteriori controlli radiografici e ultrasuoni per verificare la classe di appartenenza delle saldature eseguite.

#### 2.8.2.5 Acciai inossidabili

La composizione e le caratteristiche meccaniche dei vari tipi di acciaio impiegati devono corrispondere ai valori fissati dagli standard AISI (American Iron Steel Institute) e/o ACI (Alloy Casting Institute).

Il materiale dovrà inoltre essere conforme a quanto indicato dal DM 14/01/2018 e s.m.i..

Il tipo di acciaio sarà quello prescritto negli elaborati progettuali. Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale quanto detto nel paragrafo precedente.

Salvo diversa indicazione del progetto o della D.L., in generale sarà fornito al cantiere acciaio inossidabile austenitico AISI 316L idoneo all'uso strutturale secondo UNI EN 10088. Per ambienti non aggressivi potrà essere utilizzato acciaio AISI 304L.

I metalli da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da imperfezioni sia superficiali che interne (scorie, soffiature, bolle) e da qualsiasi altro difetto di fusione.

Per quanto riguarda i controlli ed i prelievi su questi materiali vale, a seconda della tipologia di elemento, quanto previsto per le barre da c.a. normali o quanto previsto per l'acciaio da carpenteria.

Gli acciai inox dovranno presentare il grado di finitura previsto in progetto, di norma sabbatura, pallinatura o satinatura ottenuta mediante smerigliatura e preceduta da decapaggio con soluzione acida.

In corrispondenza di cordoni di saldatura o in altri punti particolari, la smerigliatura dovrà essere preceduta dalla rimozione dei residui del fondente e da sabbatura.

La D.L. inoltre potrà prescrivere un idoneo trattamento di verniciatura o di brunitura.

Sarà facoltà del Direttore dei Lavori far richiesta all'Impresa di campioni per la preventiva approvazione della finitura superficiale.

Particolare cura dovrà essere posta nell'imballaggio delle lamiere e nella protezione superficiale mediante carta o plastica adesiva.

Ove non diversamente specificato dal progetto, gli elementi di giunzione/collegamento posti a contatto con gli elementi in acciaio inossidabile dovranno essere anch'essi in acciaio inossidabile. In caso contrario, per evitare fenomeni di corrosione elettrolitica, dovrà essere previsto l'inserimento di rondelle e boccole isolanti.

#### *2.8.2.6 Acciai in barre ad aderenza migliorata B450 C (Feb 44k)*

Gli acciai per armature di c.a. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabilite dalle Norme Tecniche per le costruzioni D.M. 17 gennaio 2018 e dalle norme UNI vigenti.

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dallo stesso D.M. sopraccitato. Dovrà essere privo di difetti ed inquinamenti che ne pregiudichino l'impiego.

La D.L. dovrà, sottoporre a controllo in cantiere le barre ad aderenza migliorata in conformità a quanto citato dal succitato decreto.

Anche in questo caso i campioni verranno prelevati in contraddittorio con l'impresa ed inviati a cura della D.L. ed a spese dell'impresa ad un Laboratorio Ufficiale.

La D.L. darà benestare per la posa in opera delle partite sottoposte all'ulteriore controllo in cantiere soltanto dopo che avrà ricevuto il relativo certificato di prova e ne avrà constatato l'esito positivo.

Nel caso di esito negativo si procederà come indicato nel D.M. 17 gennaio 2018 sopraccitato.

Qualora l'Appaltatore intenda effettuare la sagomatura e/o l'assemblaggio delle barre al di fuori del cantiere, dovrà rivolgersi ad un centro di trasformazione di cui al del DM 17 gennaio 2018.

In tal caso ogni fornitura dovrà essere accompagnata, oltre che dalla documentazione sopraccitata anche dalla seguente:

- dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'attestato di avvenuta dichiarazione di attività, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
- attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora la Direzione dei Lavori lo richieda, all'attestazione di cui sopra potrà seguire copia dei certificati relativi alle prove effettuate nei giorni in cui la lavorazione è stata effettuata.

#### 2.8.2.7 Reti in acciaio elettro-saldato

Tutte le reti elettro-saldate da utilizzare in strutture di cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018.

Le reti di tipo normale dovranno avere diametri compresi fra 4 e 12 mm e, se previsto, essere zincate.

Le reti laminate normali o zincate avranno un carico allo sfilamento non inferiore a 30-35 kg/mm<sup>2</sup>. Tutte le reti elettro-saldate da utilizzare in strutture di cemento armato avranno le caratteristiche richieste dal citato Norme Tecniche per le costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018.

#### 2.8.2.8 Acciaio fuso in getti

L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli e per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.

#### 2.8.2.9 Acciai tipo Dywidag o equivalenti

Si dovrà procedere alla posa in opera di tiranti in acciaio tipo Dywidag costituiti da barre a filettatura laminata continua, nelle posizioni e con modalità previste dal progetto esecutivo e dal seguente articolo. I tiranti dovranno essere di diametro richiesto in relazione alle singole applicazioni, in genere pari a 26 e 36 mm, sono comprensivi di guaine metalliche, giunzioni sfiate con relativi tubi di iniezione e sfiate, giunzioni a manicotto e di testate di contrasto, costituite da piastra di ancoraggio e dado conico.

I tiranti andranno posti in opera, previa accurata pulizia dei fori, realizzando la protezione contro la corrosione iniettando con la miscela cementizia a ritiro compensato all'interno della guaina appena eseguita la messa in tensione, secondo le indicazioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori. La tipologia della miscela dovrà essere autorizzata dalla D.L. e comunque soddisfare requisiti di compatibilità chimico-fisica nei confronti dei materiali costituenti il manufatto.

L'impresa dovrà presentare alla Direzione Lavori i certificati di verifica della qualità della produzione di tutte le acciaierie fornitrici delle partite di acciaio. Ulteriori prelievi e prove verranno eseguiti, a cura della Direzione Lavori, secondo quanto specificato nelle succitate norme.

#### 2.8.2.10 Ghisa

La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di fattura grigia finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomare le resistenze. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata. È assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

#### 2.8.2.11 Metalli vari

Il piombo (UNI 3165, 6450, 7043), lo zinco (UNI 2013 e 2014/74), lo stagno (UNI 3271 e 5539), il rame (UNI 5649) l'alluminio (UNI C.D.U. 669/71) l'alluminio anodizzato (UNI 4222/66) e tutti gli altri metalli o leghe metalliche da impiegare nelle costruzioni devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetti che ne vizino la forma, o ne alterino la resistenza o la durata.

### 2.8.3 FUNI

In funzione del tipo di applicazione potranno in generale essere utilizzate funi spiriodali o funi a trefoli conformi alle normative vigenti per le funi di acciaio per uso strutturale e di diametri diversi a seconda della loro collocazione e funzione statica.

Ove previsto dal progetto e/o necessario in funzione dell'aggressività dell'ambiente e/o della difficoltà di manutenzione dovranno essere fornite funi in acciaio inossidabile AISI 316 (UNI 6900/71). In tal caso anche tutti gli elementi di accoppiamento (morsetti, golfari ecc..) dovranno essere forniti in acciaio inox al fine di evitare fenomeni di corrosione elettrochimica.

In ogni caso dovrà essere assicurata una adeguata durabilità prevedendo per le funi non inossidabili una opportuna zincatura:

- tutti i fili dovranno essere zincati a finimento in classe "A" secondo UNI 7304-ISO 2232 e poi cordati;

- per evitare la corrosione interna, gli strati della fune spiroidale generalmente dovranno essere riempiti con antiossidante fino al penultimo strato;
- la superficie esterna dovrà essere ulteriormente protetta nel tempo con idonei trattamenti.

Anche per i terminali, ove non previsto e/o necessario ai fini della durabilità l'utilizzo di acciaio inossidabile AISI 316, dovrà essere prevista la zincatura con le seguenti caratteristiche minime:

- Zincatura a caldo, spessore minimo 80 µm, per terminali, rosette sferiche e piastre di appoggio.
- Zincatura elettrolitica spessore minimo 10 µm, per aste, dadi e rosette piane.

Per applicazioni nella quale non è prevista la piegatura su redance e/o il fissaggio con morsetti a cavalletto verranno generalmente utilizzate funi spiroidali.

Per applicazioni nella quale è invece prevista la piegatura (es. piegatura su radance e/o il fissaggio con morsetti a cavalletto) verranno invece utilizzate opportune funi di tipo "morbido" (es. funi a trefoli con alto numero di filamenti).

Il carico di rottura minimo garantito indicato dal produttore della fune e di tutti gli elementi che costituiscono il sistema (manicotti, morsetti, golfari ecc...) deve essere maggiore del carico previsto dal progetto.

#### 2.8.4 PIOLI TIPO "NELSON" O SIMILARI

Salvo diversa indicazione, si prevede per i pioli tipo "Nelson" l'uso di acciaio EN10025 S235J2G3+C450.

Prima dell'ordinazione delle strutture metalliche dovrà essere trasmessa alla Direzione dei Lavori una relazione contenente:

- le caratteristiche chimiche e meccaniche dell'acciaio impiegato per i pioli;
- la descrizione del tipo e del procedimento di saldatura scelto tra quelli consentiti dalla norma CNR 10016/85.

Dovrà inoltre essere trasmessa alla Direzione dei Lavori la documentazione di accompagnamento della fornitura (compresi i certificati delle prove eseguite in officina) prevista dalla norma CNR 10016/85.

È facoltà della Direzione dei Lavori eseguire nuovamente in cantiere le prove previste al punto B.2.3. della Norma CNR 10016/85.

Qualora la percentuale di pioli difettosa risulti superiore al 20% e/o l'anima della trave risulti danneggiata l'Impresa dovrà sostituire a sua cura e spese l'intera trave in acciaio.

#### 2.8.5 LAMIERE GRECATE

Le lamiere grecate fissate alle travi mediante connettori, o viti, o chiodi a "sparo" con soprastante getto di calcestruzzo armato dovranno essere conformi alle specifiche di progetto.

Tali lamiere devono essere del tipo con impronte sulle anime, ottenute per deformazione a freddo, e saranno costruite conformemente alle norme UNI EN 10326:2004 con zincatura a caldo applicata con spessore minimo 30 micron dopo la piegatura.

La fornitura delle lamiere dovrà essere corredata da certificato di avvenuto deposito presso il Ministero dei Lavori Pubblici di documentazione di idoneità come armatura di struttura in c.a., secondo Legge 05.11.1971 N. 1086.

#### 2.8.6 CONNETTORI A TAGLIO

Salvo diversa indicazione, si prevede l'impiego di connettori in lamiera di acciaio zincato piegata a freddo tipo Hilti HVB o equivalente, fissati alle strutture in acciaio mediante chiodatrice a propulsore e alle strutture in c.a. mediante barre a.m. inghisate in resina epossidica, prevedendo ove necessario la foratura della lamiera grecata sottostante.

Le caratteristiche dei connettori dovranno essere preventivamente approvate dalla D.L.

Dovrà inoltre essere trasmessa alla Direzione dei Lavori la documentazione di accompagnamento della fornitura prevista dalla normativa vigente.

#### 2.8.7 GRIGLIATO METALLICO ZINCATO A CALDO

I pannelli prefabbricati di grigliato, siano essi pedonabili o carrabili, salvo diverse indicazioni dovranno essere in acciaio zincato S235JR secondo UNI EN 10027-1:2006 e dovranno avere le caratteristiche geometriche, di portata

e di deformabilità idonee all'applicazione e non inferiori a quanto indicato in progetto.

La fornitura e posa comprenderà l'onere per la zincatura a caldo su tutta la carpenteria secondo UNI EN ISO 1461:1999, la bulloneria e gli elementi necessari per il fissaggio ai profili metallici di supporto, così come indicato nelle tavole di progetto.

L'impresa dovrà fornire alla Direzione dei Lavori, almeno 15 gg prima dell'inizio della posa dei pannelli in grigliato, le schede tecniche (con indicata la portata in funzione delle luci di impiego), la certificazione sulle caratteristiche dei materiali impiegati e le specifiche di posa per la necessaria approvazione da parte della D.L..

#### 2.8.8 LAMIERA STRIATA O BUGNATA

I fogli di lamiera striata aventi dovranno avere le dimensioni e lo spessore indicate negli elaborati di progetto e caratteristiche meccaniche pari ad un acciaio di tipo S355J2, salvo diverse indicazioni. Le caratteristiche della lamiera ed il motivo della striatura dovranno essere sottoposti all'approvazione della Direzione dei Lavori prima dell'approvvigionamento della fornitura.

## 2.9 LEGNAMI

### 2.9.1 GENERALITÀ

I legnami da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque specie esse siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni di cui al D.M. 2018 ed alle norme UNI vigenti, saranno provveduti fra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati (UNI 8198).

Gli elementi lignei ad uso strutturale forniti in cantiere dovranno essere dotati di marcatura e certificato di conformità CE alle norme armonizzate EN 14081-1 per legno massiccio con sezione rettangolare e EN 14080 per legno lamellare e di Dichiarazione di Prestazione (DoP) secondo quanto previsto dal Regolamento (UE) n.305/2011.

Per travi uso Fiume e uso Trieste, le forniture dovranno essere eseguite in conformità alle prescrizioni della Circolare esplicativa n.617 del 2.2.2009 alle Norme Tecniche per le Costruzioni per "legno con sezioni irregolari" o in conformità alle normative nazionali/europee o a specifico benessere tecnico europeo in vigore per la specie richiesta, ove queste siano disponibili al momento della fornitura del materiale.

Le certificazioni dovranno giungere in cantiere contestualmente alla fornitura.

Potrà essere facoltà della D.L. chiedere anticipatamente garanzia della rispondenza del legname alle norme vigenti e alle caratteristiche indicate in progetto e, a suo insindacabile giudizio, potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere.

Il legname dovrà generalmente provenire da gestione forestale sostenibile certificata e la fornitura dovrà garantire la presenza di una catena di custodia certificata.

### 2.9.2 LEGNO MASSICCIO

Nelle applicazioni strutturali dovrà essere impiegato della classe di resistenza indicata dal progetto e comunque non inferiore a C24 (per legno di conifera) secondo UNI-EN 338 o di I categoria secondo norme DIN 1052.

Nelle applicazioni strutturali dovrà essere impiegato legno massiccio della classe di resistenza indicata dal progetto e comunque non inferiore a C24 per legno di conifera (es. larice) e D30 per legno di latifoglia (es. rovere) secondo UNI-EN 338.

Per forniture di legname di provenienza italiana dovrà essere fatto riferimento alla norma UNI EN 10035-2: per legno di conifera si impiegherà Larice/Nord S2; per legno di latifoglia si impiegheranno Querce caducifoglie/Italia S (rovere) e Castagno/Italia S.

Per biette, spinotti, tavolette di appoggio ed in genere per elementi in legno soggetti a compressione in direzione perpendicolare alla fibratura, in assenza di specifiche indicazioni negli elaborati di progetto, dovranno essere utilizzati elementi in legno "duro" (ovvero in latifoglia es. faggio, rovere), privo di difetti e di classe di resistenza non inferiore

a D60 secondo UNI-EN 338 o di I categoria secondo norme DIN 1052.

Le travi squadrate di sezione ridotta (16x20 cm o inferiore) dovranno essere fornite tagliate “fuori cuore” escludendo la parte midollare centrale al fine di ridurre il manifestarsi di fessurazioni e spaccature.

In generale, salvo diversa indicazione, si prevede la piallatura degli elementi “a vista”. Le dimensioni indicate negli elaborati progettuali si intendono riferite agli elementi già piallati. Sarà inoltre facoltà del Direttore dei Lavori chiedere lo smusso degli spigoli e/o definire la colorazione più idonea per il prodotto impregnante utilizzato.

Il legname dovrà essere adeguatamente stagionato in funzione della specifica applicazione con umidità comunque non maggiore del 15%, misurata secondo le norme UNI 8829 e 8939.

Il legname dovrà generalmente provenire da gestione forestale sostenibile certificata.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte, affinché, le fibre non riescano mozze dalla sega e si ritirino nelle connesure. I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno essere sufficientemente dritti, in modo che la congiungente i centri delle due basi non debba uscire in alcun punto dal palo, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza o il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadrate ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrate a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta (UNI 11035 2003). I pannelli in fibre di legno saranno uniformi alla UNI 9714/90, i pannelli in particellato di legno alla UNI 13986/03 e le lastre di agglomerato ligneo alla UNI 2087 e successive modifiche e integrazioni.

I legnami per pavimentazione siano essi listoni che tavolette (UNI 11265/07) dovranno essere perfettamente stagionati, ben piallati, privi di nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l'aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d'arte.

Tutte gli elementi in legno (travi, tavolati, ecc.) dovranno essere trattati su tutte le facce dell'elemento con due mani di impregnante per il legno, contro eventuali attacchi biologici di funghi ed insetti xilofagi. Nel caso in cui il legno fosse fornito al cantiere già trattato, dovrà essere cura dell'Impresa fornire la scheda tecnica del prodotto impregnante utilizzato. Per gli elementi tagliati e sagomati in cantiere dovrà essere garantito il successivo trattamento delle superfici di taglio con almeno due mani di prodotto impregnante.

Il D.L. potrà far eseguire ulteriori prove di accettazione sul materiale pervenuto in cantiere e sui collegamenti.

Il legname dovrà essere adeguatamente stagionato in funzione della specifica applicazione.

Ove richiesto dalla D.L., preventivamente alla fornitura del legname, dovrà essere misurato in opera il grado di umidità delle membrature esistenti, al fine di definire la condizione di corretto equilibrio igrometrico degli elementi di nuova fornitura. In generale, salvo diversa indicazione impartita in corso d'opera dalla D.L. sulla scorta degli esiti di tali indagini, il legno dovrà essere fornito con umidità comunque generalmente non maggiore del 15%, misurata secondo le norme UNI 8829 e 8939.

Viste le condizioni di impiego (classe di rischio 3 e 4 secondo UNI EN 335-1), il materiale fornito, tenuto conto delle proprie caratteristiche di durabilità naturale (norma UNI EN 350-2), dovrà essere adeguatamente trattato contro eventuali attacchi da parte di funghi ed insetti xilofagi. Il tipo di trattamento, generalmente dato a pennello sul legno non verniciato – anche nel caso in cui venga eseguito presso la segheria di provenienza – dovrà essere preventivamente approvato dalla D.L. tramite acquisizione della scheda tecnica del prodotto impiegato ed essere adeguato alle caratteristiche dei singoli elementi da trattare e alle specifiche esigenze prestazionali. Per gli elementi tagliati e sagomati in cantiere dovrà essere garantito il successivo trattamento delle superfici di taglio con almeno due mani di prodotto impregnante. Potranno essere impiegati prodotti a base d'acqua, a base d'acqua e sali di boro oppure a base di solvente. Il tipo di prodotto dovrà essere scelto in funzione della specifica applicazione, avendo cura sempre di offrire la massima garanzia di durabilità nel tempo. I prodotti impiegati non dovranno, inoltre, pregiudicare, la possibilità di eseguire, ove richiesto, il trattamento di finitura/verniciatura superficiale come da indicazioni del progetto architettonico, della D.L. o della Soprintendenza.

Per gli elementi a diretto contatto con l'acqua potrà inoltre essere richiesto il trattamento superficiale con vernice bituminosa in solvente, data a pennello per tutta la lunghezza del tratto indicato dal progetto o dalla D.L.

Per tutti i prodotti protettivi impiegati l'Impresa dovrà aver cura di verificare l'idoneità all'impiego rispetto alla possibilità di causare effetti nocivi per l'ambiente acquatico. A tale scopo dovranno essere fornite alla D.L. dettagliate schede di sicurezza del prodotto.

In particolare per gli elementi strutturali difficilmente raggiungibili per future opere di manutenzione, dovrà tassativamente essere evitata la fornitura di legno avente classe di durabilità 4 secondo UNI EN 350-2. A tale scopo si prevede l'impiego esclusivamente di legno di rovere o castagno per gli elementi delle stilate e dell'impalcato, mentre potrà essere impiegato legno di larice per le strutture di copertura.

Il tavolame dovrà essere ricavato dalle travi più dritte affinché le fibre non riescano mozzate dalla sega e si ritirino nelle connessioni.

Le travi squadrate di sezione ridotta (inferiore a 16x20 cm), così come il tavolato di impalcato, dovranno essere forniti tagliati "fuori cuore" escludendo la parte midollare centrale al fine di ridurre il manifestarsi di fessurazioni, spaccature, fenomeni di imbarcamento.

In generale, salvo diversa indicazione, si prevede la piallatura degli elementi "a vista". Le dimensioni indicate negli elaborati progettuali si intendono riferite agli elementi già piallati. Sarà inoltre facoltà del Direttore dei Lavori chiedere lo smusso degli spigoli e/o definire la colorazione più idonea per il prodotto impregnante utilizzato. Potrà inoltre essere richiesto un trattamento di finitura superficiale delle membrature a vista, secondo indicazioni del progetto architettonico, della D.L. e della Soprintendenza.

I legnami rotondi o pali dovranno provenire dal tronco dell'albero e non dai rami, dovranno avere difetto di rettilineità non superiore a 1/300 della lunghezza, dovranno essere scortecciati per tutta la loro lunghezza e conguagliati alla superficie; la differenza fra i diametri medi dalle estremità non dovrà oltrepassare i 15 millesimi della lunghezza o il quarto del maggiore dei 2 diametri.

Nei legnami grossolanamente squadri ed a spigolo smussato, tutte le facce dovranno essere spianate e senza scarniture, tollerandosene l'alburno o lo smusso in misura non maggiore di un sesto del lato della sezione trasversale.

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadri a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smussi di sorta (UNI 11035 2010).

Sarà insindacabile facoltà della D.L. scartare le travi lignee che presentino fessure da essiccazione di eccessiva ampiezza, onde evitare la facile penetrazione dell'acqua, in particolare per gli elementi particolarmente esposti, quali ad esempio i pilastri.

I pannelli in fibre di legno saranno uniformi alla UNI 9714/90, i pannelli in particellato di legno alla UNI 13986/15 e successive modifiche e integrazioni.

I legnami per pavimentazione dovranno essere perfettamente stagionati, ben piallati, privi di nodi, fenditure, tarlature ed altri difetti che ne alterino l'aspetto, la durata e la possibilità di montarli a perfetta regola d'arte. La fornitura del materiale dovrà rispettare le indicazioni di progetto per essenza, spessore, dimensioni, direzione di segagione, caratteristiche di ritiro e di durabilità naturale del legno. Sarà facoltà della D.L. chiedere anticipatamente la fornitura di campionature e di tutta la documentazione attestante l'effettiva rispondenza del materiale alle prescrizioni di capitolato.

## **2.10 MATERIALI COMPOSITI**

### **2.10.1 MATERIALI COMPOSITI FRP**

I prodotti e le modalità di applicazione dovranno rispondere alle norme e raccomandazioni vigenti.

In particolare si richiamano le "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" - Consiglio Superiore LL PP del 24/07/2009 e s.m.i..

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L., anche previa esecuzione di prove di impregnazione e di strappo in sito, e dovranno essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

Salvo diversa indicazione della D.L. e del progettista dovranno essere utilizzati esclusivamente sistemi di rinforzo

costituiti componenti commercializzate da uno stesso fornitore e la cui efficacia sia suffragata da documentazione tecnica e da campagna sperimentale adeguate.

I prodotti denominati FRP (acronimo di Fiber Reinforced Polymers) sono “sistemi compositi” fibrosi a matrice polimerica. Il materiale base sarà il rinforzo fibroso costituito da lunghe fibre accostate le une alle altre ed impregnate in situ con una matrice a base di resine (epossidiche o poliestere bicomponenti a bassa viscosità) che polimerizzeranno a temperatura ambiente o industrialmente mediante il processo di pultrusione. La matrice polimerica avrà il compito di trasferire le sollecitazioni alle fibre di rinforzo, di proteggere la fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura, ed infine, di dare forma al composito.

Le fibre, commercialmente prodotte, per la realizzazione dei FRP potranno essere essenzialmente di tre tipi:

- fibre di carbonio: presentano elevata resistenza e rigidità, modesta sensibilità alla fatica, eccellente resistenza all'umidità ed agli agenti chimici; per contro presentano un modesto valore di deformazione ultima, bassa resistenza agli urti e sono danneggiabili all'intaglio, in conseguenza di una limitata deformabilità in direzione trasversale. Le fibre di carbonio potranno essere classificate in: ad alta tenacità (HT con  $E < 250$  GPa), alto modulo (HM con  $E < 440$  GPa), ed altissimo modulo (UHM con  $E > 440$  GPa);
- fibre in vetro: sono prodotte per estrusione, presenteranno un'elevata resistenza a trazione che però sarà accompagnata da una limitata resistenza ai carichi ciclici e da una forte sensibilità agli ambienti alcalini. I tipi di vetro comunemente utilizzati saranno il tipo E, il tipo S e ad alta resistenza chimica di tipo AR;
- fibre aramidiche: sono di natura polimerica, oltre che per la buona resistenza e rigidità sono caratterizzate da un'ottima resistenza agli agenti chimici: una forte deperibilità delle caratteristiche meccaniche può essere causata dai raggi U.V. Le fibre aramidiche potranno essere classificate in: alto modulo (HM), ed altissimo modulo (UHM);
- fibre polivinilalcol (PVA): estremamente leggere e con una maggiore deformabilità rispetto alle fibre in vetro, presenteranno al contempo una maggiore capacità di sopportazione alle deformazioni e una grande compatibilità con il cemento.

Tabella Caratteristiche meccaniche delle fibre (valori riferiti al tessuto filato e non al singolo filamento)

	CARBONIO ALTA TENACITA'	CARBONIO ALTO MODULO	CARBONIO ALTISSIMO MODULO	VETRO	ARAMIDE
Resistenza a trazione	$\geq 2500$ MPa	$\geq 2500$ MPa	$\geq 1900$ MPa	$\geq 2500$ Mpa (vetro E) $\geq 3500$ Mpa (vetro S)	3600-3800 MPa
Modulo Elastico (E)	230-280 Gpa	$\geq 390$ Gpa	$\geq 640$ Gpa	70-90 GPa	80-140 GPa
Allungamento a rottura	$\geq 1,5$ %	0,8-2 %	$\sim 0,3$ %	3-4 %	2-3 %
Densità	1,7-1,9 g/cm <sup>3</sup>	1,7-1,9 g/cm <sup>3</sup>		2,54 g/cm <sup>3</sup>	1,4 g/cm <sup>3</sup>
Spessore tessuto secco	0.165 mm	0.165 mm	0.143 mm	0.230 mm	0.214 mm

Le fibre utilizzate dovranno avere le caratteristiche indicate dal progetto o comunque non inferiori ai valori indicati dalla presente tabella.

Tabella Caratteristiche dei tessuti

		Spessore	Peso Ordito	Peso Trama	Peso Totale
Fibra vetro	Unidirezionale	0,32 mm	303 gr/mq	17 gr/mq	320 gr/mq
Fibra carbonio alta tenacità	Unidirezionale	0,17 mm	240 gr/mq	26 gr/mq	260 gr/mq



I tessuti utilizzati dovranno avere le caratteristiche indicate dal progetto o comunque non inferiori ai valori indicati dalla presente tabella.

Le tipologie dei compositi FRP utilizzate saranno rappresentate da: tessuti, lamine, barre e reti bidirezionali.

I tessuti (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione, a taglio e per il confinamento a compressione) potranno essere realizzati in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bi-direzionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o bi-assiale (fibre inclinate  $\alpha \pm 45^\circ$ ). Le larghezze delle strisce potranno variare da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra se non diversamente specificato (ad es., per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramide circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 300-600 g/mq, le fibre di carbonio bi-direzionali peseranno circa 230-360 g/mq, mentre quelle bi-assiali circa 450-600 g/mq).

Le lamine (utilizzabili nel rinforzo esterno a flessione) rappresenteranno piattine pultruse in fibre secche (carbonio, aramide, vetro) di spessore superiore a quello del tessuto (rapporto circa 1:8 o superiore) e variabile (per le fibre di carbonio) da 1,4 a 50 mm così come la larghezza variabile da 50 a 150 mm.

Le barre (utilizzabili nel rinforzo interno a flessione come tiranti o come armature) potranno essere realizzate in fibra di carbonio, di vetro o di aramide con diametro circolare (f 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiratura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati).

#### 2.10.1.1 Tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza

I tessuti unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza (es. tipo MasterBrace FIB 300/50 CFS già MBrace Fibre Alta Resistenza della BASF o equivalente) dovranno essere forniti al cantiere in strisce di larghezza compresa da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm, delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati (riferiti al tessuto secco):

Tipo di fibra	Carbonio ad alta resistenza
Orditura delle fibre	unidirezionale
Grammatura del tessuto, gr/mq	310 $\pm$ 10
Spessore equivalente di tessuto secco, mm	0,165
Modulo elastico equivalente medio a trazione, ASTM D3039, MPa	250.000
Rigidezza media a trazione, kN/mm	37,9
Deformazione ultima media a trazione, ASTM D3039, %	1,3
Resistenza caratteristica a trazione f <sub>tk</sub> , ASTM D3039, MPa (*)	3.200
Resistenza a trazione del singolo filamento, MPa	> 4.900
Conduttività termica, J·m <sup>-1</sup> ·s <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>	17

I tessuti saranno impregnati in situ in matrice polimerica epossidica.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L. ed essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

#### 2.10.1.2 Barre

Le barre potranno essere realizzate in fibra di carbonio o di aramide con diametro circolare (f 5, 7, 10 mm) o rettangolare di varie sezioni (da 1,5 x 5 mm a 30 x 40 mm). Le suddette barre pultruse potranno presentare, se richiesto dagli elaborati di progetto, un'aderenza migliorata ottenuta mediante sabbiatura superficiale di quarzo sferoidale e spiratura esterna. Questo tipo di prodotto dovrà, inoltre, presentare un'elevata durabilità nei confronti di tutti gli aggressivi chimici (quali ad es., idrossidi alcalini, cloruri e solfati).

Le caratteristiche di resistenza delle barre – ove impiegate quali ancoraggi sfioccati – dovranno essere compatibili con le prescrizioni di progetto o comunque garantire la medesima resistenza a trazione della fascia FRP cui andranno

collegate.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L., anche previa esecuzione di prove di impregnazione e di strappo in sito, e dovranno essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

## 2.10.2 MATERIALI COMPOSITI IN FIBRA DI ACCIAIO – SRG / SRP

Gli SRP/SRG sono costituiti da piccoli trefoli di sottili fili di acciaio ad alta resistenza (Ultra High Tensile Strength Steel) continui e intrecciati a formare trefoli, a loro volta assemblati in un “tessuto” e impregnati a mezzo di una matrice polimerica (Steel Reinforced Polymer) o a base di malta (Steel Reinforced Grout). Tra i fattori fisico-geometrici capaci di influenzare la risposta meccanica del composito vi sono, oltre alla classe di resistenza del filamento, il diametro del filo, la tipologia di trefolo e la densità del “tessuto”.

### 2.10.2.1 Sistemi SRG

I tessuti unidirezionali a 0° in fibra di acciaio a media densità formata da micro trefoli di acciaio ad altissima resistenza zinco galvanizzati sono adatti alla formazione di sistemi compositi a matrice inorganica per il rinforzo di murature, archi, volte e cupole in cemento armato, in mattoni pieni o forati o in pietra naturale.

Le caratteristiche del tessuto in fibra di acciaio impregnato con betoncino a base di calce idraulica naturale NHL3,5 devono essere conformi alle direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 “Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati”.

Il sistema realizzato deve essere di TIPO A, come riportato nel documento CNR-DT 200/2004 al cap. 2 paragrafo 2.5. Deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 5084.

Dovranno essere utilizzati esclusivamente sistemi di rinforzo SRG/FRCM costituiti da fasi, legante inorganico e rete di rinforzo commercializzate da uno stesso fornitore e la cui efficacia sia suffragata da documentazione tecnica e da campagna sperimentale adeguate.

I prodotti impiegati dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L., anche previa esecuzione di prove di impregnazione e di strappo in sito, e dovranno essere accompagnati dai certificati delle prove di prequalifica eseguite a cura del Produttore.

Dovrà essere garantita una elevata durabilità prevedendo idonei processi di galvanizzazione e, ove richiesto dal progetto e/o dalla specifica applicazione (es. ambienti aggressivi), utilizzando fili in acciaio inossidabile.

### 2.10.2.2 Tessuti unidirezionali in trefoli di acciaio galvanizzato

I tessuti in acciaio galvanizzato (es. tipo Geosteel G600 di Kerakoll s.p.a. o equivalente) dovranno essere forniti al cantiere in strisce di larghezza compresa da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm, delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati:

Tipo di materiale costituente i filamenti dei trefoli	Acciaio galvanizzato
Orditura delle fibre	unidirezionale
Area filo	0.1076 mmq
Modulo elastico filo	206 GPa
Tensione caratteristica a trazione filo	> 2900 MPa
Area effettiva singolo trefolo 3x2 (5 fili)	0.538 mmq
Numero trefoli/cm	1,57 trefoli/cm
Carico di rottura a trazione di un trefolo	> 1500 N
Spessore equivalente del nastro	0.084 mm
Resistenza caratteristica equivalente del nastro	> 2800 MPa
Modulo di elasticità normale equivalente del nastro	> 190 GPa
Deformazione a rottura equivalente del nastro	1.5%
Massa	670 g/mq

I tessuti dovranno essere applicati in matrice inorganica a base di calce idraulica naturale NHL3,5 (es. Geocalce Fino di Kerakoll o equivalente).

I connettori in fibra di acciaio dovranno essere ricavati da strisce di tessuto unidirezionale ad altissima resistenza in acciaio galvanizzato, di opportuna larghezza e numero di trefoli, da adattare in base alle indicazioni di progetto.

### 2.10.2.3 Tessuti unidirezionali in trefoli di acciaio inox

I tessuti unidirezionali in fibra di acciaio inox (es. tipo Kimisteel Inox 2200 della Kimia o equivalente) dovranno essere forniti al cantiere in strisce di larghezza compresa da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm, delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati:

Tipo di materiale costituente i filamenti dei trefoli	Acciaio inox
Orditura delle fibre	unidirezionale
Grammatura del tessuto non impregnato, gr/mq	2200
Spessore teorico acciaio, mm	0,24
Modulo elastico tessuto non impregnato, MPa	210.000
Deformazione ultima media a trazione, %	2
Resistenza caratteristica a trazione del tessuto non impregnato, MPa	1.470
Resistenza a trazione della singolo fune, MPa	1.470
Numero di fili per fune	49
Numero di fili / 100 mm	51

I connettori in fibra di acciaio inox dovranno essere di diametro pari a 10-14 mm in tessuto unidirezionale in fibra di acciaio inox da 2200 g/mq, esente di trama, e dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- $\phi$ 14 mm: area nominale di acciaio 24 mmq (51 trefoli da 0,47 mmq di area nominale), ottenuto da una fascia di tessuto da 10 cm;
- $\phi$  10 mm: area nominale di acciaio 12 mmq (25 trefoli da 0,47 mmq di area nominale), ottenuto da una fascia di tessuto da 5 cm.

### 2.10.3 FIBRA DI BASALTO

La rete in fibra di basalto per il rinforzo di volte e di muratura è una rete bi-direzionale bilanciata impregnata in polimero a 0/90° da 400 grammi/mq in fibra di basalto.

Le caratteristiche della rete in fibra di basalto impregnato con betoncino a base di calce idraulica naturale NHL5 devono essere conformi alle direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati".

Il sistema realizzato deve essere di TIPO A, come riportato nel documento CNR-DT 200/2004 al cap. 2 paragrafo 2.5. Deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 5084.

La rete bi-direzionale bilanciata impregnata in polimero a 0/90° da 400 g/mq totali in fibra di basalto dovrà avere le seguenti caratteristiche minime: area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) fibre 90,741 mmq/m; area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) ordito 50,929 mmq/m; area resistente per unità di larghezza totale (0/90°) trama 40,449 mmq/m; carico massimo per unità di larghezza (0/90°) Fibre 300,65 KN/m; carico massimo per unità di larghezza(0/90°) ordito 163,12 KN/m; carico massimo per unità di larghezza (0/90°) 137,53 kN/m; densità 1°filo 2,67 g/metro cubo; densità 2°filo 2,54 g/metro cubo; allungamento 1°filo 3,5%; allungamento 2°Filo 3-4%; resistenza meccanica a trazione 1°filo 3400 MPa; resistenza meccanica a trazione 2°filo 2600 MPa; modulo elastico 1°filo 87 GPa; modulo elastico 2°Filo 73 GPa.

I connettori in fibra di basalto dovranno essere di diametro pari a 10 mm in fibra di basalto esente di trama, e dovranno avere le seguenti caratteristiche minime: fili per ordito pari a 54, spessore tessuto 2,5 mm, area resistente per unità di larghezza 2461 mm2/m, carico massimo per unità di larghezza 8369 kN/m, resistenza meccanica a trazione 3400 MPa;

## 2.10.4 RETE BIDIREZIONALE IN FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX ALCALI-RESISTENTE

La rete bi-direzionale a 0/90° bilanciata con trattamento alcali-resistente con resina all'acqua priva di solventi in fibra di basalto naturale e acciaio inox AISI 304 (es. tipo GeoSteel Grid 200 della Kerakoll o equivalente), dovrà essere fornita al cantiere in strisce di larghezza compresa da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm, delle caratteristiche indicate in progetto e comunque non inferiori ai valori sotto indicati:

Tipo di materiale costituente la rete	Basalto e acciaio inox AISI 304
Orditura delle fibre	Bidirezionale 0/90°
Grammatura, compresa termosaldatura e rivestimento protettivo, gr/mq	200
Larghezza maglia	17x17 mm
Spessore equivalente della rete $t_f$ , mm	0,032
Carico a trazione per unità di larghezza, $F_{rete}$ , kN/m	$\geq 55$
Deformazione a rottura della rete, $\varepsilon_f$ , %	$> 1,90$
Resistenza a trazione, $\sigma_f$ , MPa	$\geq 1700$
Modulo elastico $E_f$ , GPa	$> 70$

Dati tecnici dei materiali costituenti la rete:	
Basalto:	
Tensione caratteristica a trazione $\sigma_{filo}$ , MPa	$\geq 3000$
Modulo elastico $E_{filo}$ , GPa	$\geq 87$
Acciaio inox:	
Tensione caratteristica a trazione $\sigma_{filo}$ , MPa	$> 750$
Modulo elastico $E_{filo}$ , GPa	$> 200$

La rete sarà impregnata in matrice inorganica, tipo GeoCalceFino di Kerakoll o equivalente.

Le caratteristiche della rete in fibra di basalto impregnata in matrice inorganica dovranno essere conformi alle direttive delle norme UNI e ASTM di riferimento così come indicato nel documento CNR-DT 200/2004 "Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo di Interventi di consolidamento statico mediante l'utilizzo di Compositi Fibrorinforzati". Il sistema realizzato deve essere di TIPO A, come riportato nel documento CNR-DT 200/2004 al cap. 2 paragrafo 2.5. Deve essere conforme alla norma UNI EN ISO 5084.

I connettori in fibra di basalto dovranno essere di diametro pari a 10 mm in fibra di basalto esente di trama, e dovranno avere le seguenti caratteristiche minime: fili per ordito pari a 54, spessore tessuto 2,5 mm, area resistente per unità di larghezza 2461 mm<sup>2</sup>/m, carico massimo per unità di larghezza 8369 kN/m, resistenza meccanica a trazione 3400 MPa.

## 2.11 ADDITIVI

Gli additivi per calcestruzzi e malte sono sostanze chimiche che, aggiunte in piccole dosi agli impasti, hanno la capacità di modificarne le proprietà.

L'Appaltatore dovrà fornirli nei contenitori originali sigillati su cui dovranno essere indicate le quantità, la data di scadenza e le modalità d'uso ed avrà l'obbligo di miscelarli alle malte, nei rapporti prescritti, in presenza della D.L..

Sono classificati dalla norma UNI 934-2, 2002 in fluidificanti, areanti, acceleranti, ritardanti, antigelo, ecc.. In relazione al tipo dovranno possedere la marcatura CE e caratteristiche conformi a quelle prescritte dalle rispettive norme UNI indicate e successive integrazioni e modificazioni (Fluidificanti 7102, superfluidificanti 8145, agenti espansivi non metallici 8146. Per gli altri additivi che non rientrano nelle classificazioni della norma armonizzata si dovrà verificare l'idoneità all'impiego in funzione dell'applicazione e delle proprietà richieste per il calcestruzzo o la malta.

Nel caso di uso contemporaneo di più additivi l'Impresa dovrà fornire alla Direzione Lavori la prova della loro compatibilità.

Ad ogni carico di additivo giunto in cantiere, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione lavori, copia fotostatica del documento di trasporto ed il certificato d'origine fornito dal produttore, che attesti la Conformità, a quanto

preliminarmente approvato, circa le caratteristiche dell'additivo.

Nell'ambito di interventi sulla muratura storica, l'aggiunta di qualunque additivo dovrà in generale essere evitata, salvo diverse indicazioni di volta in volta impartite dalla D.L.

#### 2.11.1 ADDITIVI FLUIDIFICANTI, SUPERFLUIDIFICANTI E IPERFLUIDIFICANTI

Allo scopo di realizzare conglomerati cementizi impermeabili e durevoli a basso rapporto a/c ed elevata lavorabilità si farà costantemente uso di additivi fluidificanti e superfluidificanti del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

A seconda delle condizioni ambientali e dei tempi di trasporto e lavorazione, potranno essere impiegati anche additivi del tipo ad azione mista fluidificante-aerante, fluidificante-ritardante e fluidificante-accelerante.

Non dovranno essere impiegati additivi a base di cloruri o contenenti cloruri di calcio.

Il loro dosaggio dovrà essere definito in fase di qualifica dei conglomerati cementizi sulla base delle indicazioni del fornitore.

Per conglomerati cementizi che debbono avere particolari requisiti di resistenza e durabilità, se previsti in progetto, dovranno essere impiegati additivi iperfluidificanti a base acrilica (caratterizzati da una riduzione d'acqua di almeno il 30%).

#### 2.11.2 ADDITIVI ANTIGELO

Gli additivi antigelo, che dovranno essere esenti da cloruri, abbassano il punto di congelamento dell'acqua d'impasto ed accelerano alle basse temperature i processi di presa e indurimento dei conglomerati cementizi.

Dovranno essere impiegati soltanto su disposizione della Direzione Lavori, che dovrà approvarne preventivamente tipo e dosaggio.

### **2.12 CALCESTRUZZI**

#### 2.12.1 COMPONENTI

Le norme del presente articolo sono da intendersi ad integrazione di quanto previsto nel DM 17 gennaio 2018 e s.m.i., e la loro applicazione è da intendersi estesa anche alle opere in calcestruzzo non armato.

Secondo il DM 17 gennaio 2018 la durabilità delle opere in calcestruzzo è la capacità di mantenere entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio i valori delle caratteristiche fisico-meccaniche e funzionali in presenza di cause di degrado, per tutta la vita nominale prevista in progetto.

È pertanto indispensabile che vengano rispettate le caratteristiche minime indicate nel progetto prevedendo comunque per ogni struttura (senza oneri aggiuntivi per il committente) conglomerati aventi classe di esposizione, classe di resistenza caratteristica, classe di consistenza e diametro massimo dell'aggregato idonei alla specifica applicazione.

Si riportano di seguito i requisiti richiesti per i materiali componenti i calcestruzzi.

##### *2.12.1.1 Acqua di impasto*

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

##### *2.12.1.2 Cemento idraulico normale*

I cementi dovranno essere provvisti di attestato di conformità CE alla norma UNI EN 197-1.

È escluso l'impiego di cementi alluminosi.

Qualora vi sia l'esigenza di eseguire getti massivi, al fine di limitare l'innalzamento della temperatura all'interno del getto in conseguenza della reazione di idratazione del cemento, sarà opportuno utilizzare cementi comuni a basso calore di idratazione contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

Se è prevista una classe di esposizione XA, secondo le indicazioni della norma UNI EN 206 e UNI 11104 , conseguente ad un'aggressione di tipo solfatico o di dilavamento della calce, sarà necessario utilizzare cementi resistenti ai solfati o alle acque dilavanti in accordo con la UNI 9156 o la UNI 9606.

Per aumentare le caratteristiche di durabilità dei calcestruzzi esposti all'azione aggressiva dei cloruri con alternanza di cicli bagnato/asciutto si possono prescrivere per il confezionamento del calcestruzzo di alcuni getti l'impiego di cementi pozzolanici tipo CEM IV/A 42,5.

#### Fornitura

Se i leganti idraulici sono forniti in sacchi sigillati, il sigillo deve portare impresso in modo indelebile il nome della ditta fabbricante e del relativo stabilimento nonché la specie del legante.

Deve essere inoltre fissato al sacco, a mezzo del sigillo, un cartellino resistente sul quale saranno indicati con caratteri a stampa chiari e indelebili:

- la qualità del legante;
- lo stabilimento produttore;
- la quantità d'acqua per la malta normale;
- le resistenze minime a trazione e a compressione dopo 28 giorni di stagionatura dei provini.

Se i leganti sono forniti in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola che non possono essere aperti senza lacerazione, le indicazioni di cui sopra debbono essere stampate a grandi caratteri sugli imballaggi stessi.

I sacchi debbono essere in perfetto stato di conservazione; se l'imballaggio fosse comunque manomesso o il prodotto avariato, la merce può essere rifiutata.

Se i leganti sono forniti sfusi, la provenienza e la qualità degli stessi dovranno essere dichiarate con documenti di accompagnamento della merce. La qualità potrà essere accertata mediante prelievo di campioni e loro analisi.

#### Accertamento della documentazione dei cementi

In cantiere o presso l'impianto di preconfezionamento del calcestruzzo è ammessa esclusivamente la fornitura di cementi rispondenti a tutte le prescrizioni del presente capitolato.

Tutte le forniture di cemento devono essere accompagnate dall'attestato di conformità CE.

Le forniture effettuate da un intermediario, ad esempio un importatore, dovranno essere accompagnate dall'Attestato di Conformità CE rilasciato dal produttore di cemento e completato con i riferimenti ai DDT dei lotti consegnati dallo stesso intermediario.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare periodicamente quanto sopra indicato, in particolare la corrispondenza del cemento consegnato, come rilevabile dalla documentazione anzidetta, con quello previsto nel Capitolato Speciale di Appalto e nella documentazione o elaborati tecnici specifici.

#### Accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi

La Direzione dei Lavori potrà richiedere controlli di accettazione sul cemento in arrivo in cantiere nel caso in cui il calcestruzzo sia prodotto da impianto di preconfezionamento installato all'interno del cantiere stesso e non operante con processo industrializzato.

Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7.

Per l'accertamento dei requisiti d'accettazione dei cementi, degli agglomerati cementizi e della calce idrauliche in polvere, le prove debbono essere eseguite su materiale proveniente da un campione originario di almeno 50 kg di legante prelevato da dieci sacchi per ogni partita di mille sacchi o frazione o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore. In caso di contestazione sull'omogeneità del prodotto, saranno prelevati in contraddittorio, e per ogni mille sacchi, altri due sacchi e sul campione prelevato da ciascuno di essi verranno ripetute le prove normali.

Per le forniture di leganti sfusi, la campionatura per le prove sarà effettuata all'atto della consegna, in contraddittorio fra le parti, mediante il prelievo di un campione medio in ragione di 10 kg per ogni 50 tonnellate o frazione o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore.

Il campione per le prove sulle calce idrauliche naturali in zolle deve essere di 50 kg per ogni 10 tonnellate di calce, o comunque secondo le modalità preventivamente stabilite dalla D.L. e dal collaudatore, e deve essere preso con la pala da diversi punti del mucchio.

Il campione di cemento prelevato sarà suddiviso in almeno tre parti di cui una verrà inviata ad un Laboratorio Ufficiale di cui all'art 59 del D.P.R. n° 380/2001 scelto dalla Direzione dei Lavori, un'altra è a disposizione dell'Appaltatore e la terza rimarrà custodita, in un contenitore sigillato, per eventuali controprove.

### 2.12.1.3 Aggiunte

Per le aggiunte di tipo I si farà riferimento alla norma UNI EN 12620.

Per le aggiunte di tipo II si farà riferimento alla UNI 11104 punto 4.2 e alla UNI EN 206-1 punto 5.1.6 e punto 5.2.5.

La conformità delle aggiunte alle relative norme dovrà essere dimostrata in fase di verifica preliminare delle miscele (controllo di conformità) e, in seguito, ogni qualvolta la DIREZIONE DEI LAVORI ne faccia richiesta.

### Ceneri volanti

Le ceneri provenienti dalla combustione del carbone, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 450 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata. Le ceneri non conformi alla UNI EN 450, ma conformi alla UNI EN 12620 possono essere utilizzate nel calcestruzzo come aggregato.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k per le ceneri conformi alla UNI-EN 450, definito al punto 5.2.5.2 della UNI-EN 206-1 verrà desunto in accordo al prospetto 3 della UNI 11104, qui di seguito riportato per comodità.

### Fumo di silice

I fumi di silice provenienti dalle industrie che producono il silicio metallico e le leghe ferro-silicio, ai fini dell'utilizzazione nel calcestruzzo come aggiunte di tipo II, devono essere conformi alla UNI EN 13263 parte 1 e 2 e provviste di marcatura CE in ottemperanza alle disposizioni legislative in materia di norma armonizzata.

Il fumo di silice può essere utilizzato allo stato naturale (in polvere così come ottenuto all'arco elettrico), come sospensione liquida ("slurry") di particelle con contenuto secco del 50% in massa oppure in sacchi di premiscelato contenenti fumo di silice e additivo superfluidificante. Se impiegato in forma di slurry il quantitativo di acqua apportato dalla sospensione contenente fumo di silice dovrà essere tenuto in conto nel calcolo del rapporto acqua/cemento equivalente.

In deroga a quanto riportato al punto 5.2.5.2.3 della norma UNI EN 206, la quantità massima di fumo di silice che può essere considerata agli effetti del rapporto acqua/cemento equivalente e del contenuto di cemento deve soddisfare il requisito:

- fumo di silice  $\leq 7\%$  rispetto alla massa di cemento.

Se la quantità di fumi di silice che viene utilizzata è maggiore, l'eccesso non deve essere considerato agli effetti del concetto del valore k.

Ai fini del calcolo del rapporto a/c equivalente il coefficiente k verrà desunto dal prospetto seguente che deve intendersi generalmente riferito a fumi di silice utilizzati nel confezionamento di calcestruzzi impiegando esclusivamente con cementi tipo I e CEM II-A di classe 42,5 e 42,5R conformi alla UNI EN 197-1:

- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $\leq 0,45$   $k = 2,0$ ;
- per un rapporto acqua/cemento prescritto  $> 0,45$   $k = 2,0$  eccetto  $k = 1,0$  per le classi di esposizione XC e XF.

La quantità (cemento + k \* quantità fumo di silice) non deve essere minore del dosaggio minimo di cemento richiesto ai fini della durabilità in funzione della classe (delle classi) di esposizione ambientale in cui la struttura ricade.

L'impiego di fumo di silice con cementi diversi da quelli sopramenzionati è subordinato all'approvazione preliminare della Direzione dei Lavori.

## 2.12.2 CALCESTRUZZI

### 2.12.2.1 Generalità per i calcestruzzi

Per tutti i calcestruzzi a prestazione garantita le prestazioni sono specificate nel presente capitolato. In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare oltre ad uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Devono essere inoltre forniti dati dei valori caratteristici di resistenza a 2 e 7 gg. di maturazione.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di cemento, rapporto acqua-cemento, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

I calcestruzzi forniti in cantiere dovranno essere conformi alla indicazioni di progetto e/o impartite dalla Direzione dei Lavori in corso d'opera per classe di esposizione (UNI EN 206-1), resistenza cubica caratteristica a 28 gg (UNI EN 12390-3:2003), classe di consistenza (UNI EN 206-1), diametro massimo dell'inerte e comunque essere idonei alla specifica applicazione prevista.

L'impresa dovrà verificare che le caratteristiche del cls (es. diametro massimo dell'inerte e classe di consistenza) definiti negli elaborati progettuali siano idonee in funzione delle effettive modalità esecutive adottate per i getti prevedendo, ove necessario gli opportuni adattamenti.

Dovranno essere inoltre seguite le regole di buona pratica e le indicazioni riportate nelle "Linee guida per la messa in opera del cls strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del cls indurito mediante prove NDT" del Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei lavori Pubblici – Ed. febbraio 2008 e s.m.

Ove previsto dal progetto ed ove richiesto della specifica applicazione dovranno essere garantiti i corretti valori dei seguenti parametri:

- profondità di penetrazione dell'acqua (UNI EN 12390-8);
- resistenza cicli di gelo-disgelo (UNI 7087: 2002);
- modulo elastico (UNI 6556:1976);
- resistenza a trazione per flessione 8 gg (UNI EN 12390-5:2002);
- espansione contrastata (UNI 8148) (per cls reoplastici a ritiro compensato);

La D.L. ed il collaudatore potranno richiedere specifici controlli e prove di laboratorio di verifica.

Per il calcestruzzo additivato con idrofobizzanti dovranno (salvo diverse indicazioni del progetto e della DL) essere assicurate le seguenti prestazioni minime:

- opposizione alla pressione idrostatica negativa (ISO/DIN 7031) =20 BAR
- test di permeabilità all'acqua dopo 56 giorni (DIN 1048) < 5.35x10<sup>-13</sup> m/sec
- pontage di fessurazioni <0.4mm

### 2.12.2.2 Specifiche per calcestruzzi leggeri strutturali con argilla espansa

I calcestruzzi strutturali alleggeriti con inerte minerale a base di argilla espansa devono essere specificati in ragione della classe di resistenza e della massa per unità di volume.

Le resistenze ammesse per impieghi strutturali vanno dalla LC16/18 alla LC55/60 secondi UNI EN 206-1:2006.

La classe di massa per unità di volume va dalla D1,5 alla D2,0 e dunque è ammesso l'impiego di calcestruzzi con densità compresa tra 1400 e 2000 kg/mc. Oltre ai normali controlli di accettazione per la resistenza, per i calcestruzzi leggeri dovranno essere eseguiti controlli di accettazione per la massa per unità di volume, secondo le norme UNI EN 206-1 e UNI EN 12390-7.

La resistenza alla frantumazione dell'aggregato deve essere determinata in conformità all'appendice A della UNI EN 13055 e dichiarata dal produttore.

I calcestruzzi strutturali leggeri potranno essere confezionati in centrale di betonaggio o – previo accordo con la D.L. – confezionati direttamente in cantiere, anche con impiego di calcestruzzo premiscelato in sacchi.



## 2.13 MALTE. QUALITÀ E COMPOSIZIONE

### 2.13.1 GENERALITÀ

Nella preparazione delle malte si dovranno usare sabbie di granulometria e natura chimica appropriata. Saranno, in ogni caso, preferite le sabbie di tipo siliceo o calcareo, mentre andranno escluse quelle provenienti da rocce friabili o gessose; non dovranno contenere alcuna traccia di cloruri, solfati, materie argillose, terrose, limacciose e polverose. L'impasto delle malte, effettuato con appositi mezzi meccanici o manualmente, dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati preferibilmente sia a peso che a volume.

La calce spenta in pasta dovrà essere accuratamente rimescolata in modo che la sua misurazione, a mezzo di cassa parallelepipedica, riesca semplice e di sicura esattezza.

Gli impasti dovranno essere preparati nella quantità necessaria per l'impiego immediato e, per quanto possibile, in prossimità del lavoro. I residui d'impasto che non avessero per qualsiasi ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli formati con calce comune che, il giorno stesso della loro miscelazione, potranno essere riutilizzati.

I componenti di tutti i tipi di malte dovranno essere mescolati a secco.

Le prescrizioni relative alle malte sono contenute nel D.M. 17 gennaio 2018 e nelle norme UNI vigenti specifiche per ogni applicazione ( UNI EN 998 -1-2, 2004; UNI EN 1015).

Ove l'approvvigionamento delle malte dovesse essere effettuato ricorrendo a prodotti confezionati in sacchi o in fusti, questi oltre ad essere perfettamente sigillati dovranno avere la chiara indicazione relativa al produttore, al peso, alla classe di appartenenza, allo stabilimento di produzione, alla quantità d'acqua occorrente per il confezionamento, alle modalità di confezionamento e alle resistenze minime dopo i 28 giorni di stagionatura. Il materiale dovrà presentare marcatura CE.

Nel caso di opere di restauro/ristrutturazione, le malte, per quanto possibile, devono essere confezionate con materiali analoghi a quelli utilizzati durante la costruzione del bene oggetto di intervento. In ogni modo, la composizione delle malte, l'uso specifico di ognuna di esse nelle varie fasi dei lavori, l'eventuale integrazione con additivi, resine o con altri prodotti di sintesi chimica, ecc., saranno specificati dalla D.L. , ove necessario, dietro autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

### 2.13.2 MALTE ADDITIVE

Per tali s'intendono quelle malte alle quali vengono aggiunti, in piccole quantità, degli agenti chimici che hanno la proprietà di migliorare le caratteristiche meccaniche.

#### 2.13.2.1 *Malte additive con agenti antiritiro e riduttori d'acqua*

Trattasi di malte addittivate con agenti chimici capaci di ridurre il quantitativo d'acqua normalmente occorrente per il confezionamento di un impasto facilmente lavorabile, la cui minore disidratazione ed il conseguente ritiro, permettono di evitare le pericolose screpolature che, spesso, favoriscono l'assorbimento degli agenti inquinanti. I riduttori d'acqua che generalmente sono dei polimeri in dispersione acquosa composti da finissime particelle altamente stabili agli alcali modificate mediante l'azione di specifiche sostanze stabilizzatrici (sostanze tensioattive e regolatori di presa). Il tipo e la quantità dei riduttori saranno stabiliti dalla D.L. In ogni caso essi dovranno assicurare le seguenti caratteristiche:

- basso rapporto acqua cemento;
- proprietà meccaniche conformi alla specifica applicazione;
- elevata flessibilità e plasticità della malta;
- basse tensioni di ritiro;
- ottima resistenza all'usura;
- elevata lavorabilità;
- ottima adesione ai supporti;
- elevata resistenza agli agenti inquinanti.

La quantità di additivo da aggiungere agli impasti sarà calcolata considerando ove occorre anche l'umidità degli inerti (è buona norma, infatti, separare gli inerti in base alla granulometria e lavarli per eliminare sali o altre sostanze inquinanti).

La quantità ottimale che varierà in relazione al particolare tipo d'applicazione potrà oscillare, in genere, dal 5 ai 10% in peso sul quantitativo di cemento. Per il confezionamento di miscele cemento/additivo o cemento/inerti/additivo si dovrà eseguire un lavoro d'impasto opportunamente prolungato facendo ricorso, preferibilmente, a mezzi meccanici come betoniere e mescolatori elicoidali per trapano. Una volta pronta, la malta verrà immediatamente utilizzata e sarà vietato rinvenirla con altra acqua al fine di riutilizzarla in tempi successivi.

L'Appaltatore sarà obbligato a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo in un recipiente che sarà tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto.

La superficie su cui la malta sarà applicata dovrà presentarsi solida, priva di polveri e residui grassi. Se richiesto dalla D.L. l'Appaltatore dovrà utilizzare come imprimitore un'identica miscela di acqua, additivo e cemento molto più fluida.

Le malte modificate con riduttori di acqua poiché, induriscono lentamente, dovranno essere protette da una rapida disidratazione (stagionatura umida).

#### 2.13.2.2 *Malte espansive*

Si tratta di malte in cui l'additivo provoca un aumento di volume dell'impasto. Questi prodotti dovranno essere utilizzati, ove previsto dal progetto o indicato dalla D.L., in tutte quelle lavorazioni che prevedono collaggi o iniezioni di malte fluide: sottofondazioni e sottomurazioni, volte e cupole, coperture, rifacimenti di strutture e consolidamenti. La malta dovrà essere preparata mescolando in betoniera una miscela secca di legante, inerte ed agenti espansivi in polvere nella quantità media, salvo diverse prescrizioni della D.L., di circa 10-40 Kg/mc. di malta; solo successivamente si potrà aggiungere il quantitativo misurato d'acqua. Nei casi in cui l'agente espansivo dovesse essere il tipo liquido, esso sarà aggiunto alla miscela secca inerti/legante solo dopo una prolungata miscelazione in acqua. L'Appaltatore sarà tenuto a provvedere alla miscelazione in acqua dei quantitativi occorrenti di additivo dentro un recipiente tenuto a disposizione della D.L. per eventuali controlli e campionature di prodotto. Sebbene gli agenti espansivi siano compatibili con un gran numero di additivi, tuttavia sarà sempre opportuno:

- mescolare gli additivi di una sola ditta produttrice;
- ricorrere alla consulenza tecnica del produttore;
- richiedere l'autorizzazione della D.L.

La stagionatura delle miscele espansive si otterrà mantenendo le malte in ambiente umido.

#### 2.13.2.3 *Malte confezionate con riempitivi a base di fibre sintetiche o metalliche*

Dietro specifica prescrizione progettuale o su richiesta della D.L. potrà essere richiesto l'utilizzo di particolari riempitivi che hanno la funzione di plasmare e modificare le caratteristiche degli impasti mediante la tessitura all'interno delle malte indurite di una maglia tridimensionale.

Si tratta di fibre in metallo o in polipropilene a forma di treccia a struttura reticolare che, durante la miscelazione degli impasti, si aprono distribuendosi uniformemente.

Le fibre dovranno essere costituite da materiali particolarmente tenaci caratterizzati da una resistenza a trazione di circa 400 N/mm<sup>2</sup>, da un allungamento a rottura intorno al 13% e da un modulo d'elasticità di circa 500.000 N/cm<sup>2</sup>. Le fibre formeranno all'interno delle malte uno scheletro a distribuzione omogenea che ripartirà e ridurrà le tensioni dovute al ritiro. Se impiegate per il confezionamento di calcestruzzi, le proprietà delle fibre in polipropilene dovranno essere le seguenti: inerzia chimica che le rende adatte (in quanto non reagiscono con altri additivi chimici) ad essere utilizzate sia in ambienti acidi che alcalini; assenza di corrosione o deterioramento; atossicità; capacità di non alterare la lavorabilità delle malte.

#### 2.13.3 MALTE PRECONFEZIONATE

Su autorizzazione della D.L. si potrà ricorrere a malte con dosaggio controllato confezionate con controllo automatico ed elettronico in modo che nella miscelazione le sabbie vengano selezionate in relazione ad una curva

granulometrica ottimale e i leganti ad alta resistenza e gli additivi chimici rigorosamente dosati.

Anche utilizzando tali tipi di malte l'Appaltatore sarà sempre tenuto, nel corso delle operazioni di preparazione delle stesse, su richiesta della D.L., a prelevare campioni rappresentativi per effettuare le prescritte prove ed analisi, che potranno essere ripetute durante il corso dei lavori od in sede di collaudo.

Le malte preconfezionate potranno essere usate per stuccature profonde, incollaggi, ancoraggi, rappezzi, impermeabilizzazioni, getti in fondazione ed, in genere, per tutti quei lavori previsti dal progetto, prescritti dal contratto o richiesti dalla D.L. che lo prevedano.

In ogni fase l'Appaltatore dovrà attenersi alle istruzioni per l'uso prescritte dalle ditte produttrici che, spesso, prevedono un particolare procedimento di preparazione atto a consentire una distribuzione più omogenea dell'esiguo quantitativo d'acqua occorrente ad attivare l'impasto. Dovrà altresì utilizzare tutte le apparecchiature più idonee per garantire ottima omogeneità all'impasto (miscelatori elicoidali, impastatrici, betoniere, ecc.) oltre a contenitori specifici di adatte dimensioni.

Dovrà inoltre attenersi a tutte le specifiche di applicazione e di utilizzo fornite dalle ditte produttrici nel caso dovesse operare in ambienti o con temperature e climi particolari.

Sarà in ogni modo consentito l'uso di malte premiscelate pronte per l'uso purché ogni fornitura sia accompagnata da specifiche schede tecniche relative al tipo di prodotto, alle tecniche di preparazione e applicazione oltre che da una dichiarazione del fornitore attestante il gruppo della malta, il tipo e la quantità dei leganti e degli eventuali additivi. Nel caso in cui il tipo di malta non rientri tra quelli prima indicati il fornitore dovrà certificare con prove ufficiali anche le caratteristiche di resistenza della malta stessa.

#### *2.13.3.1 Malta di calce per risarciture, ristilature, scuci-cuci, ristilature armate su murature esistenti*

Per i lavori di risarcitura delle lesioni, di scuci-cuci e di ristilatura dei giunti, con o senza aggiunta di barre di rinforzo (armate), si utilizzerà una malta esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati ad alte prestazioni meccaniche, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili, adatta per impiego in murature in misto pietra o laterizio.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni la malta dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 3,5/5 (UNI EN 459-1);
- classe di resistenza a compressione (UNI EN 1015-11 - UNI EN 998-2): come da indicazioni di progetto, compresa, a seconda dell'applicazione tra M2,5 e M15.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Il prodotto dovrà essere colorato a campione, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e secondo quanto prescritto dalla competente Soprintendenza. L'Appaltatore dovrà pertanto presentare alla Direzione Lavori dei campioni di prodotto, per la necessaria approvazione.

In particolare, salvo diversa indicazione della D.L., si farà uso di:

- malta M5 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5 (esempio tipo Kerakoll BioCalce Muratura o equivalente) per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone non critiche;
- malta M10 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll BioCalce Muratura Fino o equivalente) per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone particolarmente sollecitate, previa esplicita indicazione della D.L.;
- malta M15 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll GeoCalce o GeoCalce Fino della Kerakoll oppure MasterEmaco S 285 TIX già Albaria Struttura della Basf o equivalente) per ristilature armate ed eventualmente, su esplicita indicazione della D.L., per allettamento, scuci-cuci, ristilatura in zone particolarmente sollecitate;
- malta M15 (UNI EN 998-2) a base di calce idraulica naturale NHL 3.5/5 (esempio tipo Kerakoll GeoCalce Fino o equivalente) per intonaco strutturale.

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente. La fornitura al cantiere dovrà essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) ai sensi del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011).

I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L.

Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### *2.13.3.2 Malta di calce M5 di allettamento*

Per la ricostruzione di parte del paramento murario assente o lacunoso si utilizzerà una malta esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili, adatta per allettamento o ripristino dei giunti nelle murature in misto pietra o laterizio.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni, la malta dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 5 (UNI EN 459-1);
- classe di resistenza a compressione (UNI EN 1015-11 - UNI EN 998-2): M5.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Il prodotto dovrà essere colorato a campione, secondo le prescrizioni della Direzione Lavori e secondo quanto prescritto dalla competente Soprintendenza. L'Appaltatore dovrà pertanto presentare alla Direzione Lavori dei campioni di prodotto, per la necessaria approvazione.

In linea di principio, il materiale sarà applicato per spessori inferiori ai 5 cm; nel caso di applicazioni con spessori superiori la malta dovrà essere addizionata con inerti conformi alle relative norme di accettazione, aventi pezzatura compresa tra 5,0 e 10,0 mm, in misura pari al 35% in peso della malta.

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### *2.13.3.3 Malta fluida di calce per iniezioni di consolidamento su murature esistenti*

Per gli interventi che richiedono iniezioni in paramenti murari, si impiegherà una speciale miscela ad alta fluidità e stabilità esclusivamente a base di calce idraulica naturale, priva di cemento, a bassissimo contenuto di sali idrosolubili, resistente ai solfati, espansiva in fase plastica, tale da garantire il riempimento anche dei vuoti più piccoli, e adatta al consolidamento di strutture murarie in pietra, misto pietra o mattone pieno tramite iniezione.

Salvo diverse e più specifiche indicazioni la miscela dovrà essere caratterizzata dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- calce idraulica naturale: classificata NHL 3,5/5 (UNI EN 459-1);
- resistenza a compressione non inferiore a: 3,5 MPa a 7gg - 10 MPa a 28gg (M10);

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Ad esempio si potrà fare uso di malta tipo MasterInject 222 già Albaria Iniezione della BASF o equivalente.

In funzione del tipo di applicazione e delle indicazioni del progetto o della D.L., potrà essere richiesto l'utilizzo di miscela di iniezione con caratteristiche di resistenza maggiori (M15, tipo Kerakoll GeoCalce Fluido o equivalente).

Il prodotto utilizzato dovrà recare il marchio CE in accordo con la normativa vigente.

La fornitura al cantiere dovrà essere accompagnata dalla Dichiarazione di Prestazione (DoP) ai sensi del Regolamento Prodotti da Costruzione (CPR 305/2011).

I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L.

Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### *2.13.3.4 Malta bastarda M5/M10 di allettamento per nuove murature in laterizio*

L'uso di malta bastarda contenente leganti cementizi è tassativamente vietato nell'ambito degli interventi di restauro di beni storico-artistici, anche nel caso di completa ricostruzione di parti di muratura assenti o lacunose.

#### *2.13.3.5 Malta reodinamica colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 1 e 5 cm)*

Va confezionata utilizzando malta cementizia bicomponente premiscelata, reodinamica (superfluida, autocompattante senza vibrazione), ad espansione contrastata in aria, contenete fibre sintetiche in poliacrilonitrile (PAN), resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, ad esempio tipo "Master Emaco S 475 PG impastata con il relativo Componente B" della Basf o equivalente. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Nel caso di utilizzo per interventi di consolidamento/restauro dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

#### *2.13.3.6 Betoncino reodinamico colabile a ritiro compensato (getti in spessore tra 6 e 15 cm)*

Va confezionato utilizzando betoncino cementizio bicomponente premiscelato, reodinamico (superfluido, autocompattante senza vibrazione), ad espansione contrastata in aria, contenete fibre sintetiche in poliacrilonitrile (PAN), resistente agli agenti aggressivi dell'ambiente, ad esempio tipo "Master Emaco S 465 MC impastato con il relativo Componente B" Basf o equivalente. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Nel caso di utilizzo per interventi di consolidamento/restauro dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

Nel caso di getti di spessore superiore a 10 cm, dovrà essere aggiunto all'impasto dell'aggregato lavato, privo di impurità, avente diametro minimo superiore a 10 mm e diametro massimo in funzione dello spessore del getto (da concordare con la Direzione Lavori), in quantità pari al 35% sul peso totale della miscela secca.

#### *2.13.3.7 Rasatura impermeabilizzante a base di calce idraulica*

È una rasatura impermeabilizzante costituita da un prodotto bicomponente a base di calce idraulica naturale NHL 5 B FLUID-X/A tipo "YDRO-CALX" della HD SYSTEM o equivalente, a basso contenuto di Sali (CaO libero = 4%), con additivi in dispersione acquosa ed inerti selezionati con granulometria massima di 0,6 mm, ad elevato potere di aggrappo, resistente ai cicli di gelo e disgelo, impermeabile all'anidride carbonica, al vapore e all'acqua, adatta all'applicazione su supporti murari in misto pietra o in mattone pieno, sia in verticale che in orizzontale, su massetti a base calce o in cocciopesto, su intonaci a base di leganti idraulici che si intendano proteggere da assorbimenti o infiltrazioni d'acqua. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

## **2.14 CONGLOMERATI A BASE DI CALCE**

Conglomerato esclusivamente a base di calce idraulica naturale ed inerti selezionati ad alte prestazioni meccaniche, privo di cemento, a bassissimo contenuto di sali solubili (es. tipo Master Emaco S 285 TIX già Albaria Struttura della BASF o equivalente) addizionato con inerte pulito, esente da sostanze organiche ed in curva granulometrica selezionata, adatto per impiego su murature in misto pietra o laterizio.

Il conglomerato dovrà essere caratterizzato dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- legante a base di calce idraulica naturale classificata NHL 3.5/5;
- granulometria (UNI EN 1015-1): selezionata compresa tra 0 e 20,0 mm;
- consistenza (UNI EN 206-1): S4;
- resistenza cubica minima caratteristica a compressione a 28 gg (UNI EN 12390-3:2003): C12/15.

Potranno essere autorizzate dalla D.L. malte con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché prive di cemento

ed a bassissimo contenuto di sali, quali ad esempio malte classificate come FL secondo UNI EN 459-1 2010).

Dovrà sempre essere cura dell'Impresa verificare con il produttore prescelto l'esatto dosaggio dell'impasto. Indicativamente, a titolo puramente esemplificativo e salvo diverse esigenze o prescrizioni, il dosaggio consigliato degli inerti da aggiungere al betoncino preconfezionato sarebbe il seguente: 4 sacchi di malta di calce idraulica M15 + 20 kg ghiaietto 5-8 mm + 50 kg ghiaia 10-20 mm + 20-25 litri acqua = ca. 90 litri di conglomerato.

In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare e – su richiesta della D.L. – uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di legante, rapporto acqua-legante, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

L'acqua di impasto, ivi compresa l'acqua di riciclo, dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008: 2003.

Le modalità di accettazione del materiale in cantiere da parte della D.L. saranno conformi a quanto previsto dalla NTC 2018 per i getti di calcestruzzo (§ 11.2.5).

#### 2.14.1 CONGLOMERATO A BASE CALCE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA PER RIEMPIMENTI

Per il ripristino del riempimento di volte o per il riempimento di tracce e cavità, secondo indicazioni di progetto e della D.L., verrà utilizzato conglomerato alleggerito di densità compresa fra 1200-1400 kg/mc, realizzato con inerti, argilla espansa idrofuga e con legante a base di calce idraulica naturale in quantitativo di calce minimo di 400 kg per mc di riempimento.

Il conglomerato dovrà essere caratterizzato dalle seguenti proprietà fisiche e meccaniche:

- assenza di cemento;
- legante a base di calce idraulica naturale classificata NHL 3.5/5;
- argilla espansa idrofuga, a basso assorbimento di acqua (assorbimento di umidità circa 1% a 30' secondo UNI EN 13055-1) tipo LecaPiù o equivalente;

Potrà essere autorizzato dalla D.L. l'utilizzo di legante con caratteristiche diverse da quelle indicate, purché privo di cemento ed a bassissimo contenuto di sali.

Dovrà sempre essere cura dell'Impresa verificare con il produttore prescelto l'esatto dosaggio dell'impasto.

In ogni caso l'Appaltatore è tenuto, prima di procedere all'esecuzione dei getti, a presentare il mix design della miscela che intende utilizzare e – su richiesta della D.L. – uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà caratteristiche fisiche e meccaniche non inferiori a quelle richieste dal progetto.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro massimo e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di legante, rapporto acqua-legante, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione. Tutta la documentazione dovrà essere approvata dalla Direzione dei Lavori.

## **2.15 CONGLOMERATI DI RESINA SINTETICA**

Saranno da utilizzarsi secondo le modalità di progetto, dietro specifiche indicazioni della D.L. e sotto il controllo degli organi preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

Trattandosi di materiali particolari, commercializzati da varie ditte produttrici, dovranno presentare alcune caratteristiche di base garantendo elevate resistenze meccaniche e chimiche, ottime proprietà di adesione, veloce sviluppo delle proprietà meccaniche, buona lavorabilità a basse ed elevate temperature, sufficiente tempo di presa. I prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L. Dovrà in ogni caso essere preventivamente verificata la piena compatibilità del prodotto con i materiali e le superfici esistenti.

Si dovranno confezionare miscelando adatti inerti, con le resine sintetiche ed i relativi indurenti.

Si potrà in fase di intervento variarne la fluidità regolandola in funzione del tipo di operazione da effettuarsi relativamente al tipo di materiale.

Per la preparazione e l'applicazione dei conglomerati ci si dovrà strettamente attenere alle schede tecniche dei produttori, che dovranno altresì fornire tutte le specifiche relative allo stoccaggio, al tipo di materiale, ai mezzi da utilizzarsi per l'impasto e la miscelazione, alle temperature ottimali di utilizzo e di applicazione. Sarà sempre opportuno dotarsi di idonei macchinari esclusivamente dedicati a tali tipi di prodotti (betoniere, mescolatrici, attrezzi in genere) Per i formulati a due componenti sarà necessario calcolare con precisione il quantitativo di resine e d'indurente attenendosi, con la massima cura ed attenzione alle specifiche del produttore. Resta in ogni caso assolutamente vietato regolare il tempo d'indurimento aumentando o diminuendo la quantità di indurente.

Si dovrà comunque operare possibilmente con le migliori condizioni atmosferiche, applicando il conglomerato preferibilmente con temperature dai 12 ai 20°C, umidità relativa del 40-60%, evitando l'esposizione al sole.

Materiali e superfici su cui saranno applicati i conglomerati di resina dovranno essere asciutti ed opportunamente preparati tramite accurata pulitura.

L'applicazione delle miscele dovrà sempre essere effettuata nel pieno rispetto delle norme sulla salute e salvaguardia degli operatori.

## **2.16 CASSEFORME DA C.A.**

Le casseforme, di qualsiasi tipo, dovranno presentare deformazioni limitate (coerenti con le tolleranze richieste per i manufatti), avere rigidità tale da evitare forti ampiezze di vibrazione durante il costipamento evitando variazioni dimensionali delle superfici dei singoli casseri che dovranno, inoltre, essere accuratamente pulite dalla polvere o qualsiasi altro materiale estraneo, sia direttamente che mediante getti d'aria, acqua o vapore.

Per getti su superfici con inclinazione sull'orizzontale maggiore di 30° deve essere previsto il controcassero (oppure una rete sufficiente a tenere in forma il calcestruzzo).

Nelle zone dei casseri in cui si prevede, dato il loro particolare posizionamento o conformazione, la formazione di bolle d'aria, si dovranno prevedere fori o dispositivi tali da permettere la fuoriuscita.

Prima del getto verranno eseguiti, sulle casseforme predisposte, controlli della stabilità, delle dimensioni, della stesura del disarmante, della posa delle armature e degli inserti; controlli più accurati andranno eseguiti, sempre prima del getto, per la verifica dei puntelli (che non dovranno mai poggiare su terreno gelato), per l'esecuzione dei giunti, dei fissaggi e delle connessioni dei casseri.

Per la realizzazione dei getti in calcestruzzo con finitura "faccia a vista" è previsto l'impiego di diversi sistemi di casseforme, così come specificato negli elaborati grafici di progetto e descritto nei paragrafi seguenti.

In ogni caso, tutte le caratteristiche dei componenti del sistema di casseforme scelto dall'Appaltatore (tipologia dei pannelli con particolare riferimento ai materiali costituenti ed alla finitura delle loro superficie, tolleranza nei giunti tra i pannelli, travi e traversi di contrasto, tiranti, disarmante impiegato) dovranno essere sottoposte all'approvazione della Direzione dei Lavori prima dell'approvvigionamento dei materiali e comunque prima dell'inizio delle operazioni di cassetatura.

Una volta ottenuta questa approvazione, l'Appaltatore dovrà fornire i disegni costruttivi delle casseforme e dei sistemi di vincolo delle stesse e la relazione di calcolo firmata da un tecnico abilitato ed il piano dei getti, con l'indicazione dettagliata delle fasi e delle metodologie che intende seguire per la realizzazione del getto delle strutture in calcestruzzo armato.

### **2.16.1 CASSERATURE NORMALI**

Sono impiegati in generale ove non diversamente indicato.

I casseri dovranno essere eseguiti con legname o con pannelli metallici, o di legno con superfici indurite da materiali plastici o resine fenoliche e devono fornire al calcestruzzo superficie esterna con classificazione C1, per alcune opere sono richieste forme particolari da eseguirsi in lamiera.

Le cassetture dovranno essere a tenuta per evitare perdite di boiacca.

L'armatura di sostegno dei casseri dovrà essere costruita in maniera tale da non agire in modo staticamente scorretto sulle strutture sottostanti ed in modo da permettere il ritiro del calcestruzzo ed un facile disarmo.

Le casserature dovranno essere dimensionate altresì per sopportare correttamente le sollecitazioni dovute alla vibrazione del getto.

Le responsabilità della corretta costruzione dei casseri e della idoneità statica delle eventuali strutture di sostegno degli stessi sono totalmente a carico dell'Appaltatore.

In mancanza di diverse prescrizioni sui disegni esecutivi, i casseri delle travature dovranno presentare monte pari a L/500 (L= luce fra gli appoggi).

Nei casseri dovranno essere predisposte le forme per tutte le forature previste nei disegni delle strutture e in quelle degli impianti nonché le predisposizioni per il fissaggio di profili di ogni tipo e piastre di ancoraggio.

Anche se nei disegni non sono indicati smussi dei diedri delle strutture, questi devono comunque essere eseguiti, a 45° con lati di 10÷15 mm.

Non è ammesso sulla superficie del calcestruzzo, l'affioramento dei ferri o fili di ferro usati per il sostegno o sbadacchiatura dei casseri.

I tubi in plastica usati per distanziare le casserature dovranno essere di piccole dimensioni, disposti secondo indicazioni riportate sui particolari costruttivi ed essere muniti di terminali conici da rimuovere dopo il getto.

In difetto di tale indicazione si curerà la simmetria o altro schema, comunque approvato preventivamente dalla Direzione Lavori.

A disarmo avvenuto i fori di tali distanziatori dovranno essere sigillati con miscela di resina epossidica e sabbia quarzifera, salvo diverse disposizioni indicate sui particolari costruttivi.

L'uso di prodotti per facilitare il disarmo dovrà essere autorizzato dal Direttore dei Lavori.

I casseri verranno rimossi sotto l'intera responsabilità dell'impresa, previo controllo della resistenza minima richiesta per il getto in questa fase, secondo le norme di legge.

#### 2.16.2 CASSERATURE SPECIALI PER CALCESTRUZZI FACCIA VISTA

I requisiti principali del getto faccia a vista sono:

- a) compattezza;
- b) omogeneità di superficie;
- c) colore uniforme;
- d) planarità.

Per le tolleranze sui requisiti e sui difetti si fa riferimento al rapporto N. 24 del CIB "Tolerances sur les défauts d'aspect du beton".

La finitura dei vari getti di calcestruzzo faccia a vista può essere riassunta come segue:

Tipo	Classificazione dell'aspetto CIB	Note
C1	"parements ordinaires"	Cassero normale secondo C.3.1
C2	"parements soignes/eloignes"	Cassero speciale secondo C.3.2
C3	"parements soignes/voisins"	Cassero secondo C.3.2 e con finitura particolare per strutture verniciate o rivestite senza applicazione di intonaco di rasatura preventiva; la superficie esterna del getto sarà perfettamente liscia, senza bolle né cavità, le riprese dei giunti saranno di conseguenza perfettamente piane ed omogenee

Saranno pertanto motivi di contestazione le macchie, gli scoloramenti, gli alveoli, i nidi d'ape, le fessure, ecc.

A disarmo avvenuto dovranno comunque essere eliminati risalti e sbavature e riempite le cavità senza alterazione dei colori della faccia a vista.

I casseri impiegati per strutture verticali e orizzontali per le quali è prevista la finitura faccia-vista dovranno fornire al calcestruzzo paramento esterno con classificazione C2.



I casseri per cls a vista dovranno essere eseguiti in acciaio, o legno, o rivestiti da pannelli multistrato di elevata qualità di spessore minimo 20mm rivestiti da film protettivo a base di resina fenolica da 240 g/m<sup>2</sup> o superiore o con matrici scolpite in gomma.

I casseri in legno dovranno essere piallati e maschiati.

Ove non diversamente specificato le superfici a vista dovranno essere del tipo liscio senza evidenza di giunti tra pannelli diversi.

L'uso dei disarmanti dovrà essere autorizzato per iscritto dal Direttore dei Lavori.

## **2.17 OPERE PROVVISORIALI**

L'appaltatore dovrà prevedere, in fase transitoria, l'installazione di tutti i dispositivi (es. fasciature, puntellature provvisorie ecc...) atti a garantire la stabilità e l'integrità del manufatto anche se non specificate nel progetto e non richieste espressamente dalla DL. I costi di tali puntellazioni si intendono compresi nei prezzi delle lavorazioni.

Le opere provvisorie dovranno essere realizzate con materiali aventi durabilità e caratteristiche adeguate al tipo di applicazione.

### 2.17.1 FASCE IN POLIESTERE AD ALTA RESISTENZA CON CRICCHETTO TENDITORE

Le fasce in poliestere ad alta resistenza dotate di cricchetto tenditore conforme alla norma UNI EN 12195-2, salvo diverse indicazioni degli elaborati di progetto e della DL, dovranno avere le seguenti caratteristiche minime:

- larghezza fascia  $\geq 75$  mm;
- carico di esercizio  $\geq 5000$  daN (kg);
- alta resistenza alla corrosione ed al degrado.

La messa in opera dovrà avvenire prevedendo idonei elementi paraspigoli e prevedendo, ove necessario, l'interposizione di idonei spessori atti ad assicurare un adeguato contatto.

### 2.17.2 OPERE PROVVISORIALI IN CARPENTERIA METALLICA

Le opere provvisorie in carpenteria modulare metallica saranno realizzate secondo le modalità ed i requisiti minimi indicati in progetto e fornite in conformità al Regolamento Europeo 305/11 sulla marcatura CE dei prodotti da costruzione, norma armonizzata di prodotto UNI EN 1090-1:2012.

Prima delle posa in opera, l'Impresa dovrà predisporre il progetto della struttura a firma di tecnico abilitato, che dovrà tener conto delle esigenze di portata e dei limiti di deformabilità indicati dal progetto o richiesti dalla D.L., oltre che delle particolarità locali e/o a specifiche esigenze dell'opera esistente cui esse saranno affiancate.

Per le norme tecniche di dettaglio relative alla fornitura dell'opera in carpenteria metallica si rinvia al capitolo relativo ai prodotti di carpenteria metallica nel presente Capitolato Speciale di Appalto/Norme Tecniche.

## **2.18 COLORI E VERNICI**

### 2.18.1 GENERALITÀ

L'Appaltatore dovrà utilizzare esclusivamente colori e vernici di recente produzione, provenienti da recipienti sigillati, recanti il nome del produttore, il tipo, la qualità, le modalità d'uso e la data di scadenza. Dovrà aprire i recipienti in presenza della D.L. che avrà l'obbligo di controllarne il contenuto.

I prodotti vernicianti dovranno risultare esenti da fenomeni di sedimentazione, di addensamento o da qualsiasi altro difetto, assolvere le funzioni di protezione e di decorazione, impedire il degrado del supporto proteggendolo dagli agenti atmosferici, dall'inquinamento, dagli attacchi dei microrganismi, conferire alle superfici l'aspetto stabilito dagli elaboratori di progetto ed, infine, mantenere tali proprietà nel tempo.

Le loro caratteristiche saranno quelle stabilite dalle norme UNI 4656 contrassegnate dalla sigla UNI/EDL dal n. 8752 al n. 8758 e le prove tecnologiche, che dovranno essere effettuate prima dell'applicazione, saranno regolate dalle norme UNICHIM M.U. (1984) n. 443-45, 465-66, 517, 524-25, 562-63, 566, 570-71 583, 591, 599, 602, 609-11, 619.

Le cariche e i pigmenti contenuti nei prodotti vernicianti dovranno colorare in modo omogeneo il supporto, livellarne le irregolarità, proteggerlo dagli agenti corrosivi e conferirgli l'effetto cromatico richiesto.

L'Appaltatore dovrà impiegare solventi e diluenti consigliati dal produttore delle vernici o richieste dalla D.L. che dovranno possedere le caratteristiche stabilite dalle norme UNICHIM, foglio d'informazione n. 1-1972. Il rapporto di diluizione (tranne che per i prodotti pronti all'uso) sarà fissato in concordanza con la D.L.

I leganti dovranno essere formati da sostanze (chimiche o minerali) atte ad assicurare ai prodotti vernicianti le caratteristiche stabilite, in base alla classe di appartenenza, dalle norme UNI.

Trovandosi in presenza di manufatto di particolare valore storico-artistico, tutti i prodotti dovranno essere sottoposti alla preventiva approvazione della D.L., che potrà richiedere l'esecuzione di campioni e/o prove di compatibilità con il supporto esistente. Sarà fatto divieto all'Appaltatore di utilizzare prodotti a base di resine sintetiche senza una precedente specifica autorizzazione della D.L. o degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

Per i prodotti di comune impiego, si osserveranno le seguenti prescrizioni:

#### *2.18.1.1 Olio di lino cotto*

L'olio di lino cotto sarà ben depurato, di colore assai chiaro e perfettamente limpido, di odore forte ed amarissimo al gusto, scevro da adulterazioni con oli minerali, olio di pesce, ecc.. Non dovrà lasciare alcun deposito né essere rancido, e disteso sopra una lastra di vetro o di metallo dovrà essiccare completamente nell'intervallo di 24 ore. Avrà acidità nella misura del 7%, impurità non superiore al 1% ed alla temperatura di 15° C presenterà una densità compresa fra 0,91 e 0,93.

#### *2.18.1.2 Acquaragia (essenza di trementina)*

Dovrà essere limpida, incolore, di odore gradevole e volatilissima. La sua densità a 15 °C sarà di 0,87.

#### *2.18.1.3 Biacca*

La biacca o cerussa (carbonato basico di piombo) deve essere pura, senza miscela di sorta e priva di qualsiasi traccia di solfato di bario.

#### *2.18.1.4 Bianco di zinco*

Il bianco di zinco dovrà essere in polvere finissima, bianca, costituita da ossido di zinco e non dovrà contenere più del 4% di sali di piombo allo stato di solfato, né più dell'1% di altre impurità; l'umidità non deve superare il 3%.

#### *2.18.1.5 Minio*

Sia di piombo (sesquiossido di piombo) che di alluminio (ossido di alluminio) dovrà essere costituito da polvere finissima e non contenere colori derivati dall'anilina, né oltre il 10% di sostanze (solfato di bario, ecc.).

#### *2.18.1.6 Latte di calce*

Il latte di calce sarà preparato con calce grassa, perfettamente bianca, spenta per immersione. Vi si potrà aggiungere le quantità di nero fumo strettamente necessaria per evitare la tinta giallastra.

#### *2.18.1.7 Colori all'acqua, a colla o ad olio*

Le terre coloranti destinate alle tinte all'acqua, a colla o ad olio, saranno finemente macinate e prive di sostanze eterogenee e dovranno venire perfettamente incorporate nell'acqua, nelle colle e negli oli, ma non per infusione. Potranno essere richieste in qualunque tonalità esistente.

#### *2.18.1.8 Vernici*

Le vernici che si impiegheranno per gli interni saranno a base di essenza di trementina e gomme pure e di qualità scelte; disciolte nell'olio di lino dovranno presentare una superficie brillante. È escluso l'impiego di gomme prodotte da distillazione.

#### *2.18.1.9 Encaustici*

Gli encaustici potranno essere all'acqua o all'essenza, secondo le disposizioni della Direzione lavori. La cera gialla dovrà risultare perfettamente disciolta, a seconda dell'encaustico adottato, o nell'acqua calda alla quale sarà aggiunto del sale di tartaro, o nell'essenza di trementina.

#### *2.18.1.10 Idropitture*

Per idropitture s'intendono non solo le pitture a calce, ma anche i prodotti vernicianti che utilizzano come solvente l'acqua. L'Appaltatore dovrà fare riferimento alle regolamentazioni delle norme UNICHIM e più specificatamente alla 14/1969 (prova di adesività), alla 175/1969 (prova di resistenza agli alcali) e alla 168/1969 (prova di lavabilità).

#### *2.18.1.11 Tempere*

Composte da sospensioni acquose di pigmenti, cariche e leganti a base di colle naturali o sintetiche, dovranno avere buone capacità coprenti, risultare ritinteggiabili e, se richiesto, essere fornite in confezioni sigillate già pronte all'uso.

#### *2.18.1.12 Pitture cementizie*

Composte da cementi bianchi, pigmenti colorati ed additivi chimici in polvere, dovranno essere preparate secondo le modalità consigliate dal produttore in piccoli quantitativi da utilizzare rapidamente prima che intervenga la fase d'indurimento. Una volta indurite, sarà vietato all'Appaltatore di diluire in acqua allo scopo di poterle nuovamente utilizzare.

#### *2.18.1.13 Idropitture in emulsione*

Sono costituite da emulsioni acquose di resine sintetiche, pigmenti e particolari sostanze plastificanti. Se verranno utilizzate su superfici esterne, non solo dovranno possedere una spiccata resistenza all'attacco fisico-chimico operato dagli agenti inquinanti, ma anche produrre una colorazione uniforme. Il loro impiego su manufatti di particolare valore storico-artistico sarà subordinato all'esplicita approvazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto.

#### *2.18.1.14 Pitture ai silicati*

Sono costituite da un legante a base di silicato di potassio, di silicato di sodio da una miscela dei due e da pigmenti esclusivamente inorganici (ossidi di ferro). Il loro processo di essiccazione si svilupperà dapprima attraverso una fase fisica di evaporazione e, successivamente, attraverso una chimica in cui si verificherà un assorbimento d'acqua dall'ambiente circostante che produrrà reazioni all'interno dello strato fra la pittura e l'intonaco del supporto. Il silicato di potassio da un lato reagirà con l'anidride carbonica e con l'acqua presente nell'atmosfera dando origine a polisilicati complessi e, dall'altro, reagirà con il carbonato dell'intonaco del supporto formando silicati di calcio. Le pitture ai silicati dovranno assicurare un legame chimico stabile con l'intonaco sottostante che eviti fenomeni di disfacimento in sfoglie del film coprente, permettere la traspirazione del supporto senza produrre variazioni superiori al 5-10%, contenere resine sintetiche in quantità inferiore al 2-4% ed, infine, risultare sufficientemente resistente ai raggi U.V., alle muffe, ai solventi, ai microrganismi ed, in genere, alle sostanze inquinanti.

#### *2.18.1.15 Pitture ad olio ed oleosintetiche*

Composte da oli, resine sintetiche, pigmenti e sostanze coloranti, dovranno possedere uno spiccato potere coprente e risultare resistenti all'azione degradante delle piogge acide e dei raggi U.V. (UNICHIM manuale 132)

#### 2.18.1.16 Antiruggine, anticorrosivi e pitture speciali

Le caratteristiche delle pitture speciali si diversificheranno in relazione al tipo di protezione che si dovrà effettuare e alla natura dei supporti su cui applicarle. L'Appaltatore dovrà utilizzare la pittura richiesta dalla D.L. che dovrà essergli fornita in confezioni perfettamente sigillate applicandola conformemente alle istruzioni fornite dal produttore. I requisiti saranno quelli stabiliti dalla specifica normativa UNICHIM (manuale 135).

#### 2.18.1.17 Vernici sintetiche

Composte da resine sintetiche (acriliche, oleoalchidiche, cloroviniliche, epossidiche, poliesteri, poliuretaniche, silconiche, ecc.) dovranno possedere requisiti di perfetta trasparenza, luminosità e stabilità alla luce, fornire le prestazioni richieste per il tipo di applicazione da eseguire ed, infine, possedere le caratteristiche tecniche e decorative richieste. Dovranno essere fornite nelle confezioni originali sigillate, di recente preparazione e, una volta applicate, dovranno assicurare ottima adesività, assenza di grumi, resistenza all'abrasione, capacità di mantenersi il più possibile inalterate ed essiccazione omogenea da effettuarsi in assenza di polvere.

#### 2.18.1.18 Smalti

Composti da resine sintetiche o naturali, pigmenti (diossido di titanio), cariche minerali ed ossidi vari prendono nome dai loro leganti (alchidici, fenolici, epossidici, ecc.). Dovranno possedere spiccato potere coprente, facilità di applicazione, luminosità, resistenza agli urti e risultare privi di macchie.

## 2.19 MATERIALI DIVERSI

### 2.19.1 CARTEFELTRO

Questi materiali avranno le caratteristiche richieste dalle norme UNI vigenti. Le eventuali verifiche e prove saranno eseguite con le norme vigenti, tenendo presenti le risultanze accertate in materia da organi competenti ed in particolare dall'UNI.

#### 2.19.1.1 *Cartonfeltro bitumato cilindrato*

È costituito da cartafeltro impregnato a saturazione di bitume in bagno a temperatura controllata. Questi cartonfeltri debbono risultare asciutti, unitamente impregnati di bitume, presentare superficie piana, senza nodi, tagli, buchi od altre irregolarità ed essere di colore nero opaco.

Per le eventuali prove saranno seguite le norme vigenti e le risultanze accertate da organi competenti in materia come in particolare l'UNI 8202.

#### 2.19.1.2 *Cartonfeltro bitumato ricoperto*

È costituito di cartafeltro impregnata a saturazione di bitume, successivamente ricoperta su entrambe le facce di un rivestimento di materiali bitumosi con velo di materiale minerale finemente granulato, come scagliette di mica, sabbia finissima, talco, ecc. La cartafeltro impiegata deve risultare uniformemente impregnata di bitume; lo strato di rivestimento bituminoso deve essere di spessore uniforme ed essere privo di bolle; il velo di protezione deve inoltre rimanere in superficie ed essere facilmente asportabile; le superfici debbono essere piane, lisce, prive di tagli, buchi ed altre irregolarità. Per eventuali prove saranno seguite le norme vigenti e le risultanze accertate da organi competenti in materia, come in particolare l'UNI.

### 2.19.2 VETRI E CRISTALLI

I vetri e cristalli dovranno essere, per le richieste dimensioni, di un solo pezzo, di spessore uniforme, di prima qualità, perfettamente incolori, perfettamente trasparenti, privi di scorie, bolle, soffiature, ondulazioni, nodi, opacità lattiginose, macchie e di qualsiasi altro difetto. Dovranno corrispondere per tipo alle rispettive norme UNI (vetri greggi 5832, vetri lucidi 6486, cristalli 6487, vetri temperati 7142, vetri stratificati 7172). Per quanto riguarda i vetri piani

stratificati con prestazioni antivandalismo e anticrimine si seguiranno le norme UNI 9186-87, mentre se con prestazioni anti-proiettile le UNI 9187-87.

Le lastre di pavimentazione in cristallo dovranno avere caratteristiche di resistenza, antisfondamento e antisdrucchio idonee alla specifica applicazione e conformi a quanto richiesto dal progetto architettonico e dalla DL.

### **3 NORME DI ESECUZIONE**

#### **3.1 GENERALITÀ**

Tutti i lavori, realizzati secondo le migliori regole dell'arte e con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione, dovranno avere forme, dimensioni e grado di lavorazione conforme a quanto prescritto nel presente Capitolato e negli elaborati di progetto. In ogni caso, siano o meno date nel presente Capitolato le norme speciali per l'esecuzione di un lavoro, l'Appaltatore è tenuto a conformarsi a tutte le disposizioni impartite in merito dalla Direzione dei Lavori, potendo queste essere date sia precedentemente che contestualmente all'esecuzione dei lavori.

La posa in opera dovrà avvenire nel rispetto delle schede tecniche indicate dal fornitore dei materiali/opere. In caso di difformità tra indicazioni delle schede tecniche e le prescrizioni di progetto l'Appaltatore, prima di procedere con l'esecuzione delle opere, dovrà tempestivamente avvisare la Direzione dei Lavori al fine di valutare il tipo di intervento più idoneo. Prima di procedere con l'esecuzione delle opere dovrà altresì essere cura dell'Impresa chiarire con la D.L. qualunque dubbio o possibilità di fraintendimento in merito all'interpretazione degli elaborati di progetto.

È comunque facoltà della stessa Direzione dei Lavori rifiutare i lavori non eseguiti in conformità al contratto o nel rispetto degli ordini impartiti all'Appaltatore o comunque eseguiti non a regola d'arte; in tal caso l'Appaltatore dovrà provvedere, a sue complete spese, alla demolizione e/o ricostruzione di quelle opere o parti di opere che, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, fossero inaccettabili.

Di seguito si riportano le specifiche prescrizioni per ogni categoria di lavoro.

#### **3.2 INDAGINI PRELIMINARI AI LAVORI DI RESTAURO/CONSOLIDAMENTO**

Prima di dare inizio a qualsiasi tipo di lavorazione su manufatti di particolare interesse storico-artistico, l'Appaltatore, se previsto negli elaborati di progetto o espressamente richiesto dalla D.L., sarà tenuto ad effettuare su di essi tutte quelle operazioni che, finalizzate alla sistematica e scientifica acquisizione di dati certi inerenti lo stato di conservazione o i loro processi di alterazione e di degrado, possano consentire una diagnosi corretta ed accurata dei meccanismi che provocano il deperimento al fine d'intervenire su di essi con i rimedi più efficaci. La diagnosi sarà effettuata commissionando, esclusivamente a laboratori riconosciuti ed autorizzati dagli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, l'esecuzione di una specifica serie di prove di laboratorio e di analisi da svolgere "in situ". Il laboratorio dovrà eseguire le analisi su campioni di manufatto che dovranno essere prelevati o da personale di sua fiducia o da altra rappresentanza che assolva tale compito sotto il suo diretto controllo e secondo le modalità descritte nelle Raccomandazioni NORMAL 3/80 redatte a cura dell'Istituto Centrale del Restauro (Roma 1980).

Durante il campionamento, oltre alle consuete cautele, sarà necessario non modificare lo stato originario del manufatto e dei luoghi, non arrecando danno alcuno alle antiche strutture. Inoltre, lo spostamento delle attrezzature per prelevare i campioni dal terreno o dalle murature avverrà nel massimo rispetto dello stato dei luoghi. Alla fine dei lavori dovrà essere effettuata una perfetta pulizia, rimuovendo qualsiasi residuo di lavorazione.

I rilievi e le indagini, ordinati ai fini diagnostici, saranno eseguiti ricorrendo a specifiche apparecchiature le cui dimensioni e la cui maneggevolezza, unitamente all'innocuità dei principi fisici di funzionamento, possano garantire la conservazione dell'integrità fisica dell'oggetto indagato e fornire, nel contempo, risultati a livello qualitativo e quantitativo non ottenibili mediante l'uso di attrezzature di tipo tradizionale.

La scelta delle finalità, delle modalità dei sistemi e degli attrezzi più adatti al singolo caso, se non specificato negli elaborati di progetto, sarà effettuata dietro insindacabile giudizio della D.L. e specifica autorizzazione degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. In ogni caso sarà data preferenza a quei sistemi che siano in grado di

consentire la massima rapidità di rilievo, la più completa globalità d'informazione e la maggiore semplicità di restituzione analitica dei dati.

Le metodologie d'intervento saranno quelle previste dagli elaborati di progetto prescritte dalla D.L. in quanto più idonee alla natura del materiale, al tipo dei prodotti di alterazione ed alle dimensioni degli stessi campioni.

Prima di procedere alle lavorazioni previste dal progetto l'Impresa dovrà verificare e documentare fotograficamente l'effettivo stato di conservazione e la consistenza del manufatto attraverso una ispezione completa effettuata preliminarmente attraverso analisi visiva integrata da semplici verifiche manuali e/o non richiedenti attrezzature specialistiche (es. battitura; verifica di inclinazioni mediante filo a piombo; verifiche di spessori e dimensioni; esecuzione di saggi con trapano; smontaggio e rimontaggio di conci in pietra per verificare la consistenza dei nuclei della muratura).

Ove richiesto le informazioni raccolte dovranno essere messe a disposizione della D.L. attraverso restituzione grafica e/o fotografica di quanto rilevato.

Tali indagini preliminari verranno eventualmente integrate da indagini specialistiche concordate con la D.L.

Tali verifiche in genere verranno condotte dopo il montaggio dei ponteggi, la pulizia e gli eventuali smontaggi/demolizioni previsti dal progetto (es. demolizioni di rifodere, rimozione del manto di copertura ecc..).

### 3.2.1 TRACCIAMENTI E VERIFICHE DIMENSIONALI

Sarà cura e dovere dell'Impresa, prima di iniziare i lavori, procurarsi presso la Direzione Lavori tutti i dati costruttivi, le misure e gli ordini particolari inerenti, ed in base a tali informazioni completare il tracciamento e le verifiche dimensionali a mezzo di picchetti, fili fissi, sagome, ecc. sottoponendoli alla Direzione Lavori per il controllo e solo dopo l'assenso di questa potrà darsi l'inizio alle opere relative.

L'impresa dovrà verificare la presenza di eventuali spancamenti, fuori piombo e fuori squadra; segnalarli alla D.L. e, in accordo con questa, prevedere tutti gli opportuni accorgimenti atti ad adattare le opere di progetto alle particolari situazioni rilevate nel corso delle verifiche dimensionali.

Dovranno inoltre essere preliminarmente valutate tutte le eventuali problematiche legate alle possibili interferenze tra sistemi di opere strutturali, architettoniche ed impiantistiche segnalando con congruo anticipo alla D.L. al fine di poter predisporre gli idonei aggiustamenti.

Quantunque i tracciamenti siano fatti e verificati dalla Direzione Lavori, l'impresa resterà responsabile dell'esattezza dei medesimi, e quindi sarà obbligata a demolire e rifare a sue spese quelle opere che non risultassero eseguite conformemente ai disegni di progetto ed alle prescrizioni inerenti.

Saranno a carico dell'Impresa le spese per rilievi, tracciamenti, verifiche e misurazioni, per la messa in opera di riferimenti, per materiali e mezzi d'opera ed inoltre per il personale ed i mezzi di trasporto occorrenti, dall'inizio delle consegne fino al collaudo compiuto.

### 3.2.2 RILIEVI

I rilievi topografici strumentali, consistenti nella lettura e nella rappresentazione dell'oggetto in funzione delle specifiche finalità operative, saranno effettuati ricorrendo ad apposite strumentazioni elettroniche e consegnati, nella scala richiesta, previa registrazione, calcolo e restituzione computerizzata o manuale dei dati di rilievo ed integrazione della griglia dei punti base; il tutto dovrà essere supportato da un'idonea veste grafica e da rilievo fotografico.

I rilievi ed i controlli strumentali dei dissesti consisteranno nella posa in opera, secondo le modalità disposte negli elaborati di progetto, del numero prescritto di fessurimetri a lettura diretta (con risoluzione in genere non superiore a 10 µm), di microdime a lettura analogica, di rilevatori ultrasonici o di sonde televisive.

Le letture saranno elaborate e registrate con le modalità tipiche del sistema adottato e consegnate con idonee restituzioni grafiche.

I rilievi fotogrammetrici, ove richiesti, verranno effettuati mediante riprese eseguite con apposite apparecchiature laser scan 3D sulla base di una rete di capisaldi e punti di appoggio determinata mediante rilievi topografici. I rilievi, una volta eseguiti, saranno rielaborati in modo da evidenziare, anche con l'ausilio della grafica manuale, la diversificazione tipologica o la caratterizzazione superficiale dei materiali. Nei lavori di rilievo fotogrammetrico saranno comprese l'elaborazione dei dati, la restituzione grafico-analitica e la formazione di una scheda analitica tipo

dell'oggetto indagato.

### 3.2.2.1 *Mappatura delle strutture lignee*

Nel caso di interventi che prevedono il restauro e recupero di strutture lignee si intende a carico dell'impresa l'indagine diagnostica su elementi strutturali lignei condotta mediante:

- rilievo geometrico ed ispezione visiva e strumentale (es. battitura, indagini resistografiche ed esecuzione di saggi) con mappatura del degrado;
- identificazione della specie legnosa e classificazione secondo la qualità resistente (Normativa di riferimento: UNI11119);
- rilievo e verifica dell'efficienza delle connessioni;

Le indagini dovranno essere eseguite a cura di tecnici specializzati di comprovata esperienza, previa pulizia degli elementi lignei oggetto di indagine.

I risultati delle indagini verranno inseriti in appositi elaborati grafici con indicazione delle sezioni resistenti, della specie legnosa e della classe di resistenza delle membrature lignee.

Tali elaborati, in formato cartaceo e digitale vettoriale editabile (es. files Autocad o formato compatibile) dovranno essere messi a disposizione della D.L. con un congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni.

### 3.2.3 INDAGINI SPECIALISTICHE

#### Generalità

Le indagini specialistiche saranno eseguite a cura di laboratorio di diagnostica con assistenza da parte dell'Impresa Appaltatrice.

Sarà onere e cura dell'Impresa consentire l'allacciamento all'impianto idrico ed elettrico di cantiere, fornire eventuale assistenza nel corso dell'esecuzione delle indagini, provvedere alla fornitura e messa in opera di tutte le opere provvisorie (es. teli protettivi, catini di raccolta dei liquidi, ecc.) necessarie alla protezione dei manufatti storico-artistici dalla polvere o dalle colature di liquido provenienti dai carotaggi, eseguire la pulizia dei luoghi ad indagini ultimate.

L'esecuzione da parte dell'Impresa di opere di restauro non ancora autorizzate dalla D.L. in attesa dell'esecuzione delle indagini specialistiche previste non dovrà costituire motivo di onere aggiuntivo per l'Ente Appaltante nel caso in cui si dovesse rendere necessario, a seguito dell'esecuzione delle indagini stesse, procedere alla ripresa o al parziale rifacimento degli interventi di restauro eseguiti.

#### 3.2.3.1 *Carotaggi*

I campioni occorrenti per le indagini conoscitive sulle caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche delle murature saranno prelevati mediante il prescritto numero di carotaggi. Le carotatrici, in base al tipo di applicazione, dovranno essere fornite di punte diamantate con raffreddamento ad acqua o al widia con raffreddamento ad aria. La perforazione dovrà essere effettuata esclusivamente a rotazione con diametro scelto, ad insindacabile giudizio della D.L., della dimensione idonea ad ottenere una corretta valutazione dello specifico materiale indagato. Una volta estratte, le carote saranno ordinate e catalogate in apposite cassette di stoccaggio; la sezione perforata verrà sigillata con conglomerato/malta a base di calce idraulica naturale avente adeguata resistenza e il paramento murario sarà risarcito utilizzando la sezione esterna della carota estratta avendo cura di sigillare con la malta di resina e detrito di perforazione. Ove necessario si procederà alla perfetta pulizia del foro ed alla successiva ispezione con endoscopio registrando i dati su formato digitale.

#### 3.2.3.2 *Martinetti piatti*

Adoperati in singolo o accoppiati al fine di determinare "in situ" le caratteristiche meccaniche delle murature, sarà effettuato all'interno di appositi tagli predisposti in corrispondenza dei ricorsi delle malte; l'Appaltatore, alla fine dei rilevamenti, avrà l'obbligo di ripristinare le parti di muratura sottoposte a prove mediante scuci-cuci, costipamento del taglio con malta a base di calce idraulica naturale avente adeguata resistenza, rifacimento dell'intonaco

eventualmente asportato, secondo quanto indicato dalla Direzione Lavori.

Il tipo di martinetto da utilizzare verrà scelto in funzione della tipologia muraria. In particolare per murature in pietra con corsi non regolari dovranno essere utilizzati martinetti semiovali (dimensioni larghezza/profondità circa 35x26 cm) inseriti in tagli praticati con troncatrice idraulica con dischi diamantati a trasmissione eccentrica, mentre per muratura in mattoni potranno essere utilizzati martinetti rettangolari. L'utilizzo di martinetti semicircolari potrà essere richiesto dalla Direzione Lavori in situazioni particolari (es. elementi molto sollecitati). Il taglio nella muratura verrà realizzato lungo un corso di malta o un giunto tra due pietre, impiegando l'attrezzatura di taglio scelta in funzione della forma del martinetto utilizzato.

Le caratteristiche dei martinetti dovranno in ogni caso essere concordate preventivamente con la Direzione Lavori.

#### 3.2.3.3 *Analisi mineralogico-petrografiche*

Tese ad individuare i tipi litologici, le disomogeneità delle strutture, le faune e gli stadi del degrado o le caratteristiche peculiari dei prodotti da utilizzare per il consolidamento e la protezione o dei prodotti di reazione già utilizzati sulla pietra, potranno essere condotte mediante l'utilizzo della microspia elettronica a scansione, della spettroscopia, dei raggi X o delle onde elastiche ed ultrasuoni; ciascuna specifica richiesta dovrà essere eseguita e documentata con tabulati, diagrammi, mappe e documenti fotografici ritenuti dalla D.L. più adatti alla caratterizzazione petrografica dei tipi lapidei e all'individuazione delle caratteristiche fisico-meccaniche dei campioni estratti.

#### 3.2.3.4 *Caratterizzazione chimico fisica-mineralogica e analisi biologica*

La caratterizzazione chimico fisica-mineralogica e l'analisi biologica dei materiali lapidei, degli intonaci, delle superfici affrescate o dipinte e degli stessi prodotti di alterazione dovranno essere eseguite ricorrendo ad analisi chimiche, fisiche e mineralogiche, ad indagini riflettografiche, a foto a macrofoto a luce redente, per un'esatta determinazione dei componenti elementari e delle sostanze inquinanti del materiale indagato.

### **3.3 CONTROLLI E PROVE DI CARICO SULLE STRUTTURE REALIZZATE**

I controlli e le prove di carico sulle strutture realizzate dovranno essere eseguiti secondo quanto previsto dal DM 17/01/2018 e s.m.i..

Ulteriori prove potranno essere richieste ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori e del Collaudatore.

Le prove di carico, ove ritenute necessarie dal Collaudatore e/o dalla Direzione dei Lavori, dovranno identificare la corrispondenza del comportamento teorico e quello sperimentale. I materiali degli elementi sottoposti a collaudo dovranno aver raggiunto le resistenze previste per il loro funzionamento finale in esercizio.

Il programma delle prove, stabilito dal Collaudatore con l'indicazione delle procedure di carico e delle prestazioni attese, dovrà essere sottoposto alla Direzione dei Lavori per l'attuazione e reso noto al Progettista ed all'Appaltatore.

Le prove di carico dovranno essere svolte con le modalità indicate dal Collaudatore che se ne assumerà la piena responsabilità mentre, per quanto riguarda la loro materiale attuazione, ne sarà responsabile la Direzione dei Lavori.

In relazione al tipo di struttura ed alla natura dei carichi, le prove potranno essere convenientemente protratte nel tempo, ovvero ripetute su più cicli.

Le prove statiche, a giudizio del Collaudatore e in relazione all'importanza dell'opera, potranno essere integrate da prove dinamiche e prove a rottura su elementi strutturali.

La direzione dei lavori o l'organo di collaudo possono disporre ulteriori prove ed analisi ancorché non prescritte dal capitolato speciale d'appalto ma ritenute necessarie per stabilire l'idoneità dei materiali o dei componenti. Le relative spese sono poste a carico dell'esecutore.

### **3.4 DOCUMENTAZIONE DEI LAVORI**

Tutti i lavori nelle varie fasi dovranno essere accuratamente documentati mediante rilievi fotografici e, ove necessario o richiesto dalla D.L., grafici.

La documentazione fotografica degli interventi dovrà essere catalogata in funzione della zona, della data di intervento



e della categoria dell'opera/lavorazione e verrà messa a disposizione del Committente, del D.L. e del Collaudatore. Al termine dei lavori l'impresa esecutrice dovrà inoltre redigere gli elaborati grafici che descrivono l'opera come è stata effettivamente costruita, a seguito di modifiche progettuali e di adattamenti in corso d'opera ("as built"). Tali elaborati, sottoscritti dall'impresa, dovranno essere consegnati in formato cartaceo ed in formato digitale (con files sia in formato tipo .PDF che in formato vettoriale compatibile tipo AutoCAD).

Si avrà particolare cura nel presentare le parti delle opere e dei rinforzi strutturali che non risulteranno in vista (es. legature inserite a scomparsa entro le murature) al fine di rendere possibile la loro perfetta localizzazione.

### **3.5 DEMOLIZIONI; RIMOZIONI; DISGAGGI**

#### **3.5.1 GENERALITÀ**

Prima di iniziare le demolizioni l'Appaltatore deve programmare modalità e successione dei lavori oltre ad individuare e predisporre le aree adibite a ricevere il materiale di risulta che dovrà essere successivamente inviato alle idonee discariche a cura e spese dell'Appaltatore. L'Appaltatore è tenuto ad adottare tutte le necessarie precauzioni e misure atte a prevenire infortuni alle persone e danni alle strutture adiacenti e deve, di conseguenza, porre in opera tutte le protezioni, sbadacchiature, rinforzi e puntelli necessari, oltre ad eseguire dei saggi per individuare il grado di collegamento dell'opera da demolire alle strutture perimetrali esistenti da conservare.

Si richiama inoltre la necessità di valutare attentamente il comportamento delle strutture durante i lavori, soprattutto con riferimento al loro stato di conservazione e di stabilità ed alle variate condizioni di sollecitazione e di vincolo.

Le demolizioni devono essere limitate alle parti e dimensioni prescritte nel progetto o comunque indicate dalla Direzione dei Lavori. Qualora, anche per mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero danneggiate altre parti o comunque oltrepassati i limiti fissati, le parti danneggiate o demolite vanno ricostruite a spese dell'Appaltatore.

Il materiale di risulta dovrà essere raccolto tutto e trasportato nelle idonee discariche a cura e spese dell'Appaltatore ripristinando le aree nelle condizioni precedenti alla demolizione.

Le demolizioni di murature, calcestruzzi, ecc., sia parziali che complete, devono essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, in modo da non danneggiare le residue murature, da prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro e da evitare incomodi o disturbo.

Rimane pertanto vietato di gettare dall'alto i materiali in genere, che invece devono essere trasportati o guidati in basso, e di sollevare polvere, per cui tanto le murature quanto i materiali di risulta dovranno essere opportunamente bagnati.

Nelle demolizioni e rimozioni l'Appaltatore deve inoltre provvedere alle eventuali necessarie puntellature per sostenere le parti che devono restare e disporre in modo da non deteriorare i materiali risultanti, i quali devono ancora potersi impiegare nei limiti concordati con la direzione dei lavori, sotto pena di rivalsa di danni a favore della stazione appaltante.

Tutti i materiali riutilizzabili, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, devono essere opportunamente puliti, custoditi, trasportati ed ordinati nei luoghi di deposito che verranno indicati dalla direzione stessa, usando cautele per non danneggiarli sia nella pulizia, sia nel trasporto, sia nei loro assestamenti e per evitarne la dispersione.

Detti materiali restano tutti di proprietà della Amministrazione appaltante, la quale potrà ordinare all'Appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati, ai sensi dell'art. 36 del vigente Capitolato generale, con i prezzi indicati nell'Elenco Prezzi.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e rimozioni devono sempre essere trasportati dall'Appaltatore fuori del cantiere nei punti indicati od alle pubbliche discariche.

**Interventi di demolizione o sostituzione su manufatti storici**

Per manufatti storici gli interventi di demolizione o sostituzione riguarderanno esclusivamente porzioni o sistemi strutturali che risultino del tutto irrecuperabili dopo attenta campagna di rilievo e diagnosi. Ovvero tutti quei sistemi e/o sottosistemi non più in grado di assolvere la loro funzione statica, nemmeno mettendo in atto interventi consolidanti

puntuali od estesi, in grado di lavorare in parallelo e/o in modo collaborante con gli stessi. Potrà essere ordinata la demolizione parziale di murature per la realizzazione di nuove aperture e/o la rimozione di tamponature in mattoni, pietre o c.a. di qualunque spessore realizzate in forature preesistenti.

Si dovrà fare ricorso ad opere di sostituzione parziale solo quando alcune parti od elementi della struttura si presenteranno deteriorati a tal punto da non garantire la stabilità dell'intera struttura. Si utilizzeranno sempre e comunque a tal scopo, materiali e tecniche idonee, possibilmente asportabili e/o sostituibili, in contrasto per forma e/o tipologia e/o materiale col manufatto esistente, pertanto nettamente identificabili e riconoscibili.

Potranno inoltre essere richieste demolizioni, anche parziali e/o in breccia, per consentire l'esecuzione di nuove opere architettoniche ed impiantistiche. Tali interventi dovranno rispettare rigorosamente le indicazioni del progetto approvato dalla competente Soprintendenza, senza che vi siano apportate modifiche non autorizzate da parte dell'Impresa, e dovranno essere condotti adottando le tecniche, le modalità operative e le opere provvisorie più idonee a garantire la perfetta conservazione e salvaguardia delle porzioni del bene da conservare.

Tutte le pavimentazioni potranno eventualmente essere recuperate integralmente dietro specifiche indicazioni della D.L.

Qualsiasi operazione sarà comunque da concordare preventivamente con la D.L. previa specifica autorizzazione degli enti preposti alla tutela del bene oggetto di intervento.

L'Impresa Appaltatrice non avrà diritto a chieder alcun maggiore compenso nel caso in cui, per procedere alla demolizione di manufatti rinvenuti nel corso dei lavori ed interferenti con la realizzazione delle opere, si dovesse rendere necessario acquisire preventivamente l'autorizzazione degli organi di tutela preposti.

Durante le operazioni di demolizione l'Impresa dovrà evitare vibrazioni e/o l'emissione di polveri che possano arrecare qualsiasi danno al manufatto ed a persone e cose circostanti.

A tale proposito si potrà prevedere (ove compatibile con le esigenze di conservazione) ad irrorare con acqua le murature ed i materiali di risulta e prevedendo in accordo con la DL eventuali ulteriori misure.

Le modalità di intervento e il tipo di attrezzatura impiegata dovranno essere preventivamente concordate con la DL.

Nello smontaggio di murature e strutture lignee particolare cura dovrà essere adottata al fine di permettere il recupero di mattoni e di elementi lignei non degradati. Tali elementi verranno conservati all'interno dell'area di cantiere e tenuti a disposizione della DL per un eventuale riutilizzo anche parziale.

Le demolizioni e/o le asportazioni totali o parziali di murature, intonaci, solai, ecc., nonché l'operazione di soppressione di stati pericolosi in fase critica di crollo, anche in presenza di manufatti di pregevole valore storico-architettonico, dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni, al fine sia di non provocare eventuali danneggiamenti alle residue strutture, sia di prevenire qualsiasi infortunio agli addetti al lavoro; dovranno, inoltre, essere evitati incomodi, disturbi o danni collaterali. Particolare attenzione dovrà essere fatta allo scopo di eludere l'eventuale formazione di zone d'instabilità strutturale.

Sarà assolutamente interdetto: gettare dall'alto i materiali, i quali dovranno essere, necessariamente, trasportati o meglio guidati a terra, utilizzando cestelli, montacarichi o attraverso idonei sistemi di canalizzazione (ad es. tubi modulari telescopici) la cui estremità inferiore non dovrà risultare ad altezza maggiore di 2 m dal livello del piano di raccolta; l'imboccatura superiore del canale, dovrà, inoltre, essere protetta al fine di evitare cadute accidentali di persone o cose. Ogni elemento del canale dovrà imboccare quello successivo e, gli eventuali raccordi, dovranno essere opportunamente rinforzati. Il materiale di demolizione costituito da elementi pesanti od ingombranti (ad es. la carpenteria lignea), dovrà essere calato a terra con idonei mezzi (gru, montacarichi ecc.).

Prima dell'inizio della procedura dovrà, obbligatoriamente, essere effettuata la verifica dello stato di conservazione e di stabilità delle strutture oggetto di intervento e dell'eventuale influenza statica su strutture corrispondenti, nonché il controllo preventivo della reale disattivazione delle condutture elettriche, del gas e dell'acqua onde evitare danni causati da esplosioni o folgorazioni.

Si dovrà, inoltre, provvedere alle opere di puntellamento eventualmente necessarie ed alla messa in sicurezza temporanea (mediante idonee opere provvisorie) delle parti di manufatto ancora integro o pericolanti per le quali non siano previste opere di rimozione.

Sarà, inoltre, necessario delimitare ed impedire l'accesso alla zona sottostante la demolizione (mediante tavolato ligneo o d'altro idoneo materiale) ed allestire, in corrispondenza ai luoghi di transito o stazionamento, le doverose protezioni e barriere parasassi (mantovane) disposte a protezione contro la caduta di materiali minuti dall'alto. L'accesso allo sbocco dei canali di scarico del materiale di demolizione per le operazioni di carico e trasporto dovrà

essere consentito soltanto dopo che sarà sospeso lo scarico dall'alto.

Preliminarmente all'asportazione ovvero smontaggio di elementi da ricollocare in situ sarà indicato il loro preventivo rilevamento, classificazione e posizionamento di segnali atti a facilitare la fedele ricollocazione dei manufatti.

Questo tipo di procedura dovrà essere strettamente limitata e circoscritta alle zone ed alle dimensioni prescritte negli elaborati di progetto. Nel caso in cui, anche per l'eventuale mancanza di puntellamenti o di altre precauzioni, venissero asportate altre parti od oltrepassati i confini fissati, si dovrà provvedere al ripristino delle porzioni indebitamente demolite, a cura e spese dell'Impresa, seguendo scrupolosamente le prescrizioni enunciate negli articoli specifici.

Tutti i materiali riutilizzabili (mattoni, piastrelle, tegole, travi, travicelli ecc.) dovranno essere opportunamente calati a terra, "scalcinati", puliti (utilizzando tecniche indicate dalla D.L.), ordinati e custoditi, nei luoghi di deposito che saranno segnati negli elaborati di progetto (in ogni caso dovrà essere un luogo pulito, asciutto, coperto eventualmente con teli di PVC, e ben ventilato; sarà, inoltre, consigliabile non far appoggiare i materiali di recupero direttamente a contatto con il terreno interponendovi apposite pedane lignee o cavalletti metallici), usando cautele per non danneggiarli, sia nelle operazioni di pulitura, sia in quelle di trasporto e deposito. Detti materiali, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, resteranno tutti di proprietà della stazione appaltante, la quale potrà ordinare all'appaltatore di impiegarli in tutto od in parte nei lavori appaltati.

I materiali di scarto provenienti dalle demolizioni e/o rimozioni dovranno sempre essere trasportati (dall'appaltatore) fuori dal cantiere, in depositi indicati ovvero alle pubbliche discariche nel rispetto delle norme in materia di smaltimento delle macerie, di tutela dell'ambiente e di eventuale recupero e riciclaggio dei materiali stessi.

Per demolizioni di notevole estensione sarà obbligo predisporre un adeguato programma, da sottoporre all'approvazione della DL e del CSE nel quale verrà riportato l'ordine sia in termine di sequenza temporale che di suddivisione in successive zone di intervento delle varie operazioni.

Nella zona sottostante le demolizioni, rimozioni e disaggi deve essere vietata la sosta ed il transito, delimitando la zona stessa con appositi sbarramenti.

Le modalità di intervento e il tipo di attrezzatura impiegata dovranno essere preventivamente concordate con la D.L.

Ove presenti, dovranno sempre essere recepite e rispettate le indicazioni di dettaglio fornite dal progetto in merito alle fasi e alle modalità di demolizione/puntellazione

Sarà fatto tassativo divieto all'Impresa di procedere alla demolizione, anche parziale, di strutture e manufatti – anche interferenti con le lavorazioni – per i quali non sia stata preventivamente acquisita, in fase di approvazione del progetto esecutivo o in corso d'opera, l'esplicita autorizzazione da parte degli organi preposti alla tutela del bene.

### 3.5.2 DEMOLIZIONE DI STRUTTURE MURARIE

La demolizione delle murature, di qualsiasi genere esse siano, dovrà essere preceduta da opportuni saggi per verificare la tipologia ed il reale stato di conservazione. Gli operatori addetti alla procedura dovranno lavorare su ponti di servizio indipendenti dal manufatto in demolizione: non si potrà intervenire sopra l'elemento da demolire se non per altezze di possibile caduta inferiore ai 2 m. Nel caso di demolizioni di murature soprastanti al perimetro di solai o strutture a sbalzo sarà indispensabile attuare ogni cautela al fine di non innescare, di conseguenza alla diminuzione del grado d'incastro, eventuali cedimenti od improvvise cadute delle strutture (anche sotto carichi limitati o per solo peso proprio). Particolare attenzione dovrà essere fatta in presenza di tiranti annegati nella muratura oggetto di intervento; una loro involontaria rottura, o quantomeno lesione, potrebbe innescare fenomeni di dissesto non previsti in fase di progetto pertanto, in presenza di tali dispositivi, sarà opportuno operare con la massima cautela prevedendo le necessarie protezioni.

L'appaltatore prima di dare luogo alla demolizione di canne fumarie o di parti di muratura ove è probabile o nota la presenza di canne fumarie, deve accertarsi che tali manufatti non siano realizzati in amianto cemento. Qualora sussista tale probabilità in modo incerto saranno, a cura e spese dell'Appaltatore, prelevati ed esaminati campioni del materiale costituente. L'evidenza di un materiale contenente amianto compatto o friabile nella realizzazione o nella fasciatura delle canne fumarie deve prevedere notifica all'ente di controllo e avvio della procedura di sicurezza per la protezione dei lavoratori coinvolti.

La demolizione di murature contenenti canne fumarie può dare luogo allo scivolamento di macerie lungo il canale stesso oltre la quota più bassa di demolizione. Allo scopo di prevenire l'accadimento l'Appaltatore provvederà a

chiudere le canne oggetto di demolizione alla quota più bassa prima dell'avvio della demolizione.

#### 3.5.2.1 *Demolizione di strutture portanti e/o collaboranti*

Previa esecuzione di tutte le procedure preliminari (saggi, puntellamenti, opere di contraffortatura ecc.) al fine di individuare esattamente tutti gli elementi che saranno direttamente od indirettamente sostenuti dalle strutture portanti o collaboranti oggetto d'intervento (al fine di eludere crolli improvvisi e/o accidentali), la demolizione di setti murari portanti in mattoni pieni, in pietra o misti dovrà procedere dall'alto verso il basso per successivi cantieri orizzontali di estensione limitata (così da controllare l'avanzare dei lavori e le loro eventuali conseguenze nelle zone limitrofe); di norma i blocchi non dovrebbero superare i quattro mattoni od analoga dimensione, quando si tratta di pietre od altro materiale (circa 10-15 kg), così da consentire la rimozione e la manovrabilità diretta da parte del singolo operatore. La rimozione sarà preferibilmente eseguita manualmente con l'ausilio di mazzetta e scalpello (ovvero punta o raschino), oppure, se l'apparecchio presenta elevata compattezza, con scalpello meccanico leggero; solo in casi particolari, e sempre sotto prescrizione della D.L., si potrà utilizzare il piccone.

Altri metodi di demolizione dovranno essere previsti espressamente da progetto e/o concordati con la D.L..

#### 3.5.2.2 *Demolizione di tramezzature*

La demolizione parziale e/o totale di tramezzature seguirà le modalità descritte per la procedura riguardante le strutture portanti e collaboranti; spesso, infatti, semplici tramezzi in mattoni pieni od anche forati apparentemente destinati a portare esclusivamente se stessi, si possono rilevare dei rompitratta, ovvero sia l'inflessione (con la conseguente deformazione) della struttura lignea del solaio sovrastante potrebbe, di fatto, aver trasformato il tramezzo devolvendogli, almeno in parte, una funzione strutturale, spesso impreveduta, ma, in certe circostanze, essenziale alla stabilità del manufatto. Una demolizione arbitraria di un tramezzo di questo tipo potrebbe, pertanto, portare anche al collasso delle strutture orizzontali.

#### 3.5.3 DEMOLIZIONI DI STRUTTURE A TELAIO IN C.A. CON PICCOLI MARTELLI PNEUMATICI

Nel caso di demolizione parziale di strutture a telaio in c.a. dovranno essere precedentemente rimosse completamente le eventuali tramezzature e tamponature al fine di evitare la possibilità di crollo spontaneo d'elementi scarsamente collegati; inoltre, una volta liberata la struttura portante dalle tamponature, sarà più facilmente valutabile la scelta dei punti da cui iniziare la demolizione. Durante la demolizione (che avverrà con l'ausilio di piccoli martelli pneumatici), in special modo di travi, si renderà necessario il controllo ripetuto della direzione delle armature che, se posizionate in maniera errata rispetto alla collocazione teorica, potranno indicare le reali sezioni di minor resistenza.

#### 3.5.4 PREPARAZIONE DI SUPERFICI IN CALCESTRUZZO DA RIPRISTINARE O DA TRATTARE SUPERFICIALMENTE

Le superfici in calcestruzzo che dovranno essere oggetto di interventi di ripristino o di protezione superficiale, dovranno essere accuratamente trattate secondo modalità contenute negli elaborati di progetto e secondo indicazioni impartite dalla Direzione Lavori.

In linea di principio il trattamento serve a favorire l'aggrappo dello strato di nuova stesa ed a impedire la formazione di future superfici di distacco.

Ove prevista la verniciatura di superfici senza preventiva rasatura con malte, si procederà dapprima alla sabbatura della stessa superficie per l'asportazione di ogni traccia di unto, grasso o di preesistenti trattamenti superficiali. In ogni caso spetterà alla Direzione Lavori approvare sia le attrezzature usate che il grado di preparazione della superficie.

Per la preparazione di superfici da ripristinare o da rivestire con malte, il trattamento da eseguire sarà indicato in progetto o comunque scelto dalla Direzione Lavori in funzione di come si presenterà il sottofondo e della sua estensione ed ubicazione nell'ambito della struttura.

In generale, il sottofondo dovrà essere accuratamente sgaggiato con mezzi meccanici (bocciarde), per la completa asportazione di tutto il calcestruzzo degradato o in fase di distacco, fino ad ottenere comunque una superficie con asperità dell'ordine di 2-3 mm.

Questi trattamenti dovranno comunque essere completati con sabbatura a secco per l'asportazione di ogni traccia

di grasso, disarmante, vernici, polvere o incrostazioni di sale, nonché dell'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura che, salvo ordine contrario della Direzione Lavori, dovranno essere sabbati a metallo bianco e trattati con idoneo inibitore di corrosione; i prodotti potranno essere impiegati solo se approvati dalla Direzione Lavori.

In particolare si dovrà aver cura di verificare che non siano rimasti residui di materiale incoerente a saturare le fessure. Qualora la superficie dovesse presentare fessure di notevole spessore, su indicazione della Direzione Lavori si procederà alla stuccatura delle stesse con idonei materiali e, quando necessario, alla loro iniezione con sistemi epossidici.

#### 3.5.5 DEMOLIZIONE CONTROLLATA CON PINZE DEMOLITRICI E CESOIE IDRAULICHE

Demolizione controllata di strutture in calcestruzzo e c.a. con pinze demolitrici e cesoie idrauliche.

All'interno o a ridosso degli edifici dovranno essere utilizzati strumenti portatili di peso ridotto che consentano la demolizione controllata e di frantumare le strutture in cemento armato in modo rapido e preciso, senza generare vibrazioni e limitando al massimo rumore e polvere. L'assenza di questi fattori permette di lavorare in contesti dove essi non sono consentiti, come beni storici; uffici; scuole; ospedali; ed allo stesso tempo di preservare l'integrità fisica di chi utilizza la pinza demolitrice idraulica manuale per demolizione controllata, garantendo la massima sicurezza dei soggetti coinvolti nella demolizione.

#### 3.5.6 DEMOLIZIONE MEDIANTE TAGLIO CON FILO E/O DISCO DIAMANTATO

Le strutture esistenti dovranno essere suddivise in pannelli mediante tagli trasversali e longitudinali, avendo cura di controllare che ogni porzione di struttura non superi il peso indicato negli elaborati di progetto, al fine di permetterne il sollevamento in condizioni di sicurezza. I tagli potranno essere realizzati sia con tecnologia a filo diamantato che a disco diamantato. La sequenza dei tagli è quella indicata sulle tavole di progetto. **Numero e posizione dei tagli e peso dei pannelli in cui verranno suddivise le strutture dovranno comunque essere indicati nei piani delle demolizioni presentati dall'Appaltatore, che dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.**

Nell'individuare le modalità operative, laddove necessario, l'Impresa dovrà rispettare le indicazioni di dettaglio fornite dal progetto e/o le specifiche indicazioni impartite in corso d'opera dalla D.L. anche in merito ai metodi e alle sequenze di puntellazione in fase di demolizione.

L'allontanamento dall'area di lavoro dei pannelli dovrà essere immediatamente successivo al taglio del singolo pannello; prima dell'effettuazione del taglio longitudinale il pannello andrà fissato alle funi di appensione del mezzo sollevatore mediante idonei dispositivi approvati dalla Direzione Lavori, quindi si procederà al sollevamento, al carico su idonei mezzi di trasporto, ed al trasporto e stoccaggio in apposita area del cantiere approvata dalla Direzione Lavori.

Prima del definitivo allontanamento del cantiere delle porzioni di strutture demolite per il conferimento in discarica autorizzata, i pannelli dovranno essere ulteriormente demoliti o tagliati (con qualsiasi tecnica ritenuta opportuna dall'Appaltatore ed approvata dalla Direzione dei Lavori) per ottenere porzioni di dimensioni e peso compatibili con le portate dei mezzi utilizzati per il trasporto e con le prescrizioni del Codice della Strada vigente.

Ove indicato dalla D.L., in particolare nel caso di taglio di pannelli in muratura di mattoni pieni, il materiale proveniente dalla demolizione dovrà essere conservato in cantiere per il recupero di materiale da riutilizzarsi nell'ambito dei lavori.

#### 3.5.7 SMONTAGGIO DI STRUTTURE ORIZZONTALI

La demolizione delle strutture orizzontali dovrà essere eseguita mediante la realizzazione di ponti di lavoro e d'opere di protezione (teli, pannelli rigidi ecc.) per evitare sia la caduta di materiale, sia quella degli addetti ai lavori; procedendo con ordine si provvederà a rimuovere tutte le eventuali travature, cornici, profilati ecc.

La preparazione delle puntellature necessarie per sostenere le parti che dovranno restare in opera dovrà essere eseguita con particolare cura, così come tutti gli accorgimenti finalizzati ad evitare il deterioramento dei materiali riutilizzabili come, ad esempio, la chiusura accurata dei fori delle vecchie imposte non idonee per la nuova struttura; inoltre, si dovrà porre attenzione ad effettuare lo scarico immediato dei materiali di risulta evitando qualsiasi accumulo o caduta di materiali sugli orizzontamenti sottostanti. In presenza di tiranti annegati nelle solette delle strutture orizzontali si seguiranno le disposizioni prescritte all'articolo sulla demolizione di strutture murarie.

La carpenteria lignea e metallica (travi, travetti e travicelli) dovrà essere sfilata dagli appoggi evitando di fare leva

sulle murature mediante opportune disposizioni quali: puntellamenti, sospensioni (mediante utilizzo di idonei apparecchi di sollevamento o montacarichi) ed eventuale taglio a filo muro in corrispondenza dell'appoggio, lasciando le teste all'interno della muratura (successivamente si dovrà provvedere alla loro rimozione).

Particolare attenzione dovrà essere fatta nel caso di smontaggio di solai precedentemente consolidati come, ad esempio, travi munite di staffe metalliche di ancoraggio alla muratura perimetrale; in questo caso la trave, essendosi trasformata in catena, contribuisce direttamente alla stabilità dei setti murari; andrà, pertanto, evitato il semplice "sfilamento" delle travi dalle loro sedi al fine di evitare eventuali degradi irreparabili o dissesti imprevisti alle murature.

#### *3.5.7.1 Demolizione di solai piani*

Previa attenta verifica del sistema costruttivo, verranno rimossi i pavimenti ed i sottofondi, i tavellonati e eventuali voltine. Nel caso non si dovessero rimuovere i travetti, sarà cura dell'Appaltatore predisporre idonei tavolati di sostegno per gli operai. Tutto il materiale giudicato recuperabile dalla D.L. resterà proprietà del committente e dovrà essere, pulito, ordinatamente stoccato e custodito a cura dell'Impresa Appaltatrice.

I travetti andranno sfilati dalle sedi originarie evitando di fare leva sulle murature esistenti mediante il puntellamento, la sospensione e il taglio dei travetti.

Le solette in cemento armato monolitiche, prive di una visibile orditura principale, dovranno preventivamente essere puntellate in modo da accertare la disposizione dei ferri di armatura.

L'Appaltatore dovrà inoltre evitare la caduta sui piani sottostanti dei materiali rimossi e l'eccessivo accumulo degli stessi sui solai.

#### *3.5.7.2 Smontaggio di strutture in aggetto*

Lo smontaggio di parti a sbalzo (cornicioni di gronda, balconi, gradini ecc.) seguirà le procedure riguardanti i solai; occorre, tuttavia, precisare che l'eventuale demolizione di porzioni soprastanti il punto di incastro potrebbero diminuire il momento con la conseguente improvvisa caduta (per peso proprio) del manufatto a sbalzo. Per evitare tale fenomeno sarà indicato prevedere opportune opere di presidio degli elementi aggettanti, prima di procedere alla rimozione delle strutture soprastanti. Le unità originarie a sbalzo, o quelle che si dovessero trovare in questa situazione a causa di opere parziali di demolizione, dovranno essere celermente rimosse da posizioni instabili e/o pericolanti in altrettante collocazioni sicure e stabili.

#### *3.5.7.3 Smontaggio locale di strutture voltate*

Lo smontaggio delle strutture voltate si distinguerà in rapporto alla tipologia ed all'apparecchiatura della volta, alla natura del dissesto ed alle condizioni d'ambito. Previa esecuzione di "saggi di scopertura" (al fine di ricavare le informazioni necessarie) e la messa in opera d'idonei puntellamenti (ad es. strutture provvisorie di centinatura) e sbadacchiature atte non solo ad agevolare l'operazione in oggetto ma anche a garantire la stabilità dei manufatti confinanti (in modo particolare dovrà essere posta molta attenzione a controbilanciare l'assenza di spinta esercitata dalla volta da "smontare" o demolire) si procederà alla demolizione della volta: per volte in laterizio in foglio a crociera, a vela o a padiglione la procedura di smontaggio dovrà iniziare, sempre, dalla chiave e seguire un andamento a spirale, così come nel caso di volte a botte con apparecchiatura a spina di pesce diritta o spina reale; mentre per le volte a botte, a botte con teste a padiglione, o a schifo con apparecchiature con filari longitudinali o trasversali si procederà per cantieri frontali avanzando dal centro verso le imposte.

L'Impresa dovrà in ogni caso rispettare tutte le prescrizioni operative indicate dal progetto o impartite in corso d'opera dalla D.L.

#### *3.5.7.4 Smontaggio di collegamenti verticali*

Lo smontaggio parziale o totale delle strutture di collegamento verticale seguirà le modalità precedentemente descritte agli articoli dei solai piani o delle strutture voltate nel caso di scale in muratura costruite su strutture di sostegno a volta, fermo restando che dovrà sempre essere coperta la stabilità complessiva utilizzando, eventualmente, opere di puntellamento. Una specifica propria delle scale riguarda i gradini a sbalzo i quali, se non adeguatamente puntellati, non potranno essere utilizzati come piano di lavoro, quando sia in atto la demolizione dei muri sovrastanti l'incastro (si veda la demolizione di strutture murarie). Le scale, come del resto gli altri

orizzontamenti, non dovranno essere, in ogni caso, caricate con materiali di risulta.

### 3.5.7.5 *Smontaggio di manti e strutture di copertura*

Fatte salve le generalità di cui sopra, si eseguirà in primo luogo, con ogni cautela, in condizioni di massima sicurezza per gli operatori, la dismissione del manto di copertura, di converse, scossaline, canali di gronda, delle canne fumarie e dei comignoli; solo in seguito l'Appaltatore potrà rimuovere la piccola, la media e la grossa orditura o comunque la struttura sia essa di legno, sia di ferro o di cemento armato. In presenza di cornicioni o di gronde a sbalzo, dovrà assicurarsi che questi siano ancorati all'ultimo solaio o, viceversa, trattenuti dal peso della copertura; in quest'ultimo caso, prima di rimuovere la grossa orditura, dovrà puntellare i cornicioni. La demolizione della copertura si dovrà effettuare preferibilmente operando dall'interno dell'edificio; in caso contrario gli operai dovranno lavorare esclusivamente sulla struttura principale e mai su quella secondaria, impiegando opportunamente tavole di ripartizione e prevedendo parapetti e protezioni efficaci. Nel caso in cui la quota del piano di lavoro rispetto al piano sottostante superi i 2 metri, l'Appaltatore sarà obbligato a predisporre idonea impalcatura; se non fosse possibile porla in opera per la presenza di un piano sottostante non portante o non agibile dovrà predisporre tutte le opportune operazioni per garantire l'incolumità degli addetti ai lavori (es. apposite cinture di sicurezza).

Lo smontaggio e la scomposizione della carpenteria principale (arcarecci, terzere, puntoni, capriate ecc.) qualunque sia il materiale (legno, ferro o c.a.), seguirà la procedura inversa a quella della messa in opera, ovvero prima si smonteranno a mano le canne fumarie ed i comignoli, poi il manto di copertura (le tegole saranno asportate a sezione, simmetricamente da una parte e, dall'altra procedendo dal colmo verso le gronde avendo cura di non rompere o danneggiare i singoli pezzi), il sottofondo e lo scempiato di mezzane od il tavolato ligneo, in seguito si passerà a sfilare l'orditura minuta e/o media (travicelli, correnti, morali, palombelli, mezzanelle ecc.) e, per ultimo, quella principale che dovrà essere imbracata e calata a terra mediante idonei dispositivi (gru, paranchi, montacarichi ecc.). Particolare attenzione si dovrà avere in presenza di eventuali connessioni (chiodature, cavicchi, gattelli lignei, piastrine metalliche di ancoraggio ecc.) presenti tra le varie orditure o tra gli elementi della medesima orditura od ancora tra l'orditura principale e la muratura d'imposta. Il loro smontaggio richiederà, infatti, particolari cautele e l'adozione d'idonei strumenti al fine di evitare ulteriori degni alle strutture lignee od alle murature (ad es. per sfilare i chiodi dalle assi di un tavolato si potranno tranciare le loro teste e segare i loro gambi o, in alternativa, esercitare una trazione sull'elemento da rimuovere, in corrispondenza della giunzione, sfruttando il principio della leva ed utilizzando a tale scopo strumenti quali tenaglie, scalpelli ecc. avendo cura di non danneggiare, né la tavola dell'assito da rimuovere, né il travicello cui sarà ancorata).

Lo smontaggio di carpenteria lignea complessa (ad es. le capriate) oppure quello inerente gli elementi di finitura intradossale dovrà essere, necessariamente, preceduto da un preciso rilievo degli elementi costitutivi e delle reciproche connessioni oltre, naturalmente, dalla loro numerazione e catalogazione.

Nel caso di smontaggio di cornicioni di gronda a sbalzo, siano questi ancorati all'ultimo solaio o, più frequentemente, trattenuti dal peso del coperto sarà opportuno attenersi a quanto prescritto all'articolo specifico riguardante le strutture in oggetto.

Le modalità di rimozione degli elementi di copertura dovranno inoltre essere commisurate all'eventuale previsione di conservare gli stessi perfettamente integri per il successivo riutilizzo.

### 3.5.8 APERTURA DI FOROMETRIE

Rientrano nell'ambito degli interventi strutturali e non delle semplici assistenze murarie tutte le aperture di forometrie – anche per passaggi impiantistici – di dimensioni superiori a 200x200 mm.

Prima di procedere, l'Impresa dovrà aver cura di verificarne tipologia e posizione dei fori anche dagli elaborati del progetto architettonico ed impiantistico.

In corrispondenza dei punti di apertura dei fori, siano essi praticati su murature verticali o su strutture orizzontali, dovranno essere disposte armature di presidio locale, architravi, cerchiature metalliche, secondo le indicazioni di progetto e della D.L. Il materiale fornito a tale scopo dovrà essere pienamente rispondente alle prescrizioni di progetto ed essere posto in opera a perfetta regola d'arte, al fine di garantire l'adeguatezza strutturale dell'intervento.

Prima di procedere alla realizzazione dei fori previsti negli elaborati progettuali, l'Impresa dovrà ricevere la preventiva autorizzazione della D.L.

Non saranno ammesse modifiche alle modalità esecutive dei fori, né alla relativa dimensione e localizzazione, se non preventivamente approvate dalla D.L.

Dovranno in ogni caso essere rispettate le prescrizioni di progetto in merito alle fasi e modalità di intervento.

### **3.6 MURATURE E STRUTTURE VERTICALI – LAVORI DI COSTRUZIONE**

#### **3.6.1 MURATURE IN GENERE**

La costruzione di murature, siano esse formate da elementi resistenti naturali o artificiali, dovrà essere eseguita secondo la normativa e le raccomandazioni tecniche vigente ed in particolare secondo le prescrizioni di cui al DM 2018 Norme tecniche per le costruzioni.

Nelle costruzioni delle murature in genere verrà curata la perfetta esecuzione degli spigoli, delle voltine, piattabande, archi e verranno lasciati tutti i necessari incavi, sfondi canne e fori:

- per ricevere le chiavi e i capochiavi delle volte, gli ancoraggi delle catene e travi a doppio T, le testate delle travi in legno ed in ferro, le pietre da taglio e quanto altro non venga messo in opera durante la formazione delle murature;
- per il passaggio dei tubi pluviali, dell'acqua potabile, canne di stufa e camini, vasi, scarichi, lavandini, ecc.;
- per condutture elettriche di campanelli, di telefoni e di illuminazione;
- per le imposte delle volte e degli archi;
- per gli zoccoli, arpioni di porte e finestre, zanche, soglie, inferriate, ringhiere, davanzali ecc.

Quanto detto, in modo che non vi sia mai bisogno di scalpellare le murature già eseguite.

La costruzione delle murature deve iniziarsi e proseguire uniformemente, assicurando il perfetto collegamento sia con le murature esistenti, sia fra le varie parti di esse, evitando nel corso dei lavori, la formazione di strutture eccessivamente emergenti dal resto della costruzione.

La muratura procederà a filari rettilinei, con i piani di posa normali alle superfici viste o come altrimenti venisse prescritto.

All'innesto con i muri da costruirsi in tempo successivo dovranno essere lasciate opportune ammorsature in relazione al materiale impiegato.

I lavori in muratura, qualunque sia il sistema costruttivo adottato, devono essere sospesi nel periodo di gelo, durante i quali la temperatura si mantenga per molte ore al di sotto di zero gradi centigradi.

Quando il gelo si verifichi solo per alcune ore della notte, le opere in muratura ordinaria possono essere eseguite nelle ore meno fredde del giorno, purché al distacco del lavoro vengano adottati opportuni provvedimenti per difendere le murature dal gelo notturno.

Le facce delle murature in malta dovranno essere mantenute bagnate almeno per 15 giorni dalla loro ultimazione od anche più se sarà richiesto dalla Direzione dei Lavori.

Le canne, le gole da camino e simili, saranno intonacate a grana fine. Si potrà ordinare che tutte le canne, le gole ecc., nello spessore dei muri siano lasciate aperte sopra una faccia temporaneamente, anche per tutta la loro altezza; in questi casi, il tramezzo di chiusura si eseguirà posteriormente.

Le impostature per le volte, gli archi, ecc. devono essere lasciate nelle murature sia con addentellati d'uso, sia col costruire l'origine degli archi e delle volte a sbalzo mediante le debite sagome, secondo quanto verrà prescritto.

La Direzione Lavori stessa potrà ordinare che sulle aperture di vani, di porte e finestre siano collocati degli architravi in cemento armato delle dimensioni che saranno fissate in relazione alla luce dei vani, allo spessore del muro ed al sopracarico.

In situazioni particolari (es. architravi, cordoli sommitali ecc.) potrà essere richiesto l'inserimento di armature annegate nei letti di malta.

Quando venga ordinato, sui muri delle costruzioni, nel punto di passaggio fra le fondazioni entroterra e la parte fuori terra, sarà disteso uno strato di asfalto formato come quello dei pavimenti, esclusa la ghiaietta, dell'altezza in ogni punto di almeno cm 2. La muratura su di esso non potrà essere ripresa che dopo il suo consolidamento.

In tutti i fabbricati a più piani dovranno eseguirsi ad ogni piano e su tutti i muri portanti cordoli di conglomerato



cementizio per assicurare un perfetto collegamento e l'uniforme distribuzione dei carichi. Tale cordolo in corrispondenza delle aperture sarà opportunamente rinforzato con armature di ferro supplementari in modo da formare architravi portanti, ed in corrispondenza delle canne, fori ecc. sarà pure opportunamente rinforzato perché presenti la stessa resistenza che nelle altre parti.

In corrispondenza dei solai con putrelle, queste, con opportuni accorgimenti, saranno collegate al cordolo.

### 3.6.2 MURATURE DI MATTONI

I mattoni prima del loro impiego dovranno essere bagnati fino a saturazione per immersione prolungata in appositi bagnaroli e mai per aspersione.

Essi dovranno mettersi in opera con le connessure alternate in corsi ben regolari e normali alla superficie esterna; saranno posati sopra un abbondante strato di malta e premuti sopra di esso in modo che la malta refluisca all'ingiro e riempi tutte le connessure.

La larghezza delle connessure non dovrà essere maggiore di 15 né minore di mm 5 (tali spessori potranno variare in relazione alla natura delle malte impiegate).

I giunti non verranno rabboccati durante la costruzione per dare maggiore presa all'intonaco od alla stuccatura con il ferro.

Le malte da impiegarsi per la esecuzione di questa muratura dovranno essere passate al setaccio per evitare che i giunti fra mattoni riescano superiori al limite di tolleranza fissato.

Le murature di rivestimento saranno fatte a corsi bene allineati e dovranno essere opportunamente ammorsate con la parte interna.

Se la muratura dovesse eseguirsi a paramento visto (cortina) si dovrà avere cura di scegliere per le facce esterne i mattoni di migliore cottura, meglio formati e di colore più uniforme, disponendoli con perfetta regolarità e ricorrenza nelle connessure orizzontali alternando con precisione i giunti verticali. In questo genere di paramento le connessure di faccia vista non dovranno avere grossezza maggiore di 5 millimetri e, previa loro raschiatura e pulitura, dovranno essere profilate con malta idraulica e di cemento (o di tipo e colore indicato dalla D.L.), diligentemente compresse e lisciate con apposito ferro, senza sbavatura.

Le sordine, gli archi, le piattabande e le volte, dovranno essere costruite in modo che i mattoni siano sempre disposti in direzione normale alla curva dell'intradosso e le connessure dei giunti non dovranno mai eccedere la larghezza di mm 5 all'intradosso e mm 10 all'estradosso.

### 3.6.3 PARETI DI UNA TESTA ED IN FOGLIO CON MATTONI PIENI E FORATI

Le pareti di una testa ed in foglio verranno eseguite con mattoni scelti, esclusi i rottami, i laterizi incompleti e quelli mancanti di qualche spigolo.

Tutte le dette pareti saranno eseguite con le migliori regole dell'arte, a corsi orizzontali ed a perfetto filo, per evitare la necessità di forte impiego di malta per l'intonaco.

Nelle pareti in foglio, quando la Direzione dei Lavori lo ordinasse, saranno introdotte nella costruzione intelaiature in legno attorno ai vani delle porte, allo scopo di poter fissare i serramenti del telaio, anziché alla parete, oppure ai lati od alla sommità delle pareti stesse, per il loro consolidamento, quando esse non arrivano fino ad un'altra parete od al soffitto.

Quando una parete deve eseguirsi fin sotto al soffitto, la chiusura dell'ultimo corso sarà ben serrata, se occorre, dopo congruo tempo, con scaglie e cemento.

### 3.6.4 MURATURE MISTE

La muratura mista di pietrame e mattoni dovrà progredire a strati orizzontali intercalando il numero di filari di mattoni ogni m di altezza di muratura di pietrame concordato con la D.L. e la competente soprintendenza.

I filari dovranno essere estesi a tutta la grossezza del muro e disposti secondo piani orizzontali.

Nelle murature miste per i fabbricati, oltre ai filari suddetti si debbono costruire in mattoni tutti gli angoli dei muri, i pilastri, i risalti e le incassature qualsiasi, le spallette e gli squarci delle aperture di porte e finestre, i parapetti delle finestre, gli archi di scarico, le volte, i voltini e le piattabande, l'ossatura delle cornici, le canne da fumo, i condotti in

genere, e qualunque altra parte di muro alla esecuzione della quale non si prestasse il pietrame, in conformità alle prescrizioni che potrà dare la D.L. all'atto esecutivo. Il collegamento delle due differenti strutture deve essere fatto nel miglior modo possibile ed in senso tanto orizzontale che verticale.

### **3.7 CONSOLIDAMENTO DELLE MURATURE**

#### **3.7.1 GENERALITÀ**

I lavori di consolidamento delle murature dovranno essere condotti secondo le normative e regole tecniche vigenti ed in particolare al D.M. 17 gennaio 2018 e successivi aggiornamenti.

Le eventuali perforazioni dovranno essere condotte evitando l'insorgere di vibrazioni nocive operando ove necessario senza percussione e utilizzando carotatrici.

#### **3.7.2 RISARCITURE**

Si definiscono risarciture le sigillature di lesioni già aperte che possono interessare anche gli elementi lapidei o in laterizio, oltre che i giunti tra gli stessi.

Per le risarciture dovrà essere impiegata malta di calce rispondente a quanto prescritto nel presente Capitolato, secondo le specifiche del progetto esecutivo.

Nel caso delle risarciture si procederà come segue:

- pulizia della lesione con aria compressa;
- rimozione con raschietti di parti di malta e muratura decoesa all'interno della lesione;
- eventuale sostituzione di singoli mattoni per la creazione di ammorsature;
- pulizia in profondità mediante abbondante bagnatura con acqua, versata o iniettata a bassa pressione fino a rifiuto;
- inserimento di cannule per la successiva iniezione a passo non superiore a 40 cm rispettando comunque le indicazioni della D.L. (in generale dovranno essere previste 3-4 cannule per metro lineare);
- eventuale messa in tensione con cunei in plastica e legno;
- accurato riempimento con malta a base di calce idraulica naturale avente le caratteristiche prescritte dal progetto, indicate nel presente Capitolato o comunque indicate dalla D.L.. Per lesioni di grande ampiezza potranno essere inserite scaglie di mattone utilizzando inoltre siringhe e/o saccapocche per riempire la lesione in profondità;
- iniezione a bassa pressione di boiaccia di calce ove previsto (cfr "consolidamento di muratura mediante iniezioni");
- sigillatura e stilatura finale con malta di caratteristiche e colore adeguati.

La sigillatura della lesione avrà inizio dopo 2-3 ore dalla bagnatura e potrà essere ripresa dopo 24-48 ore, ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, per colmare completamente i vuoti.

#### **3.7.3 SCUCI E CUCI**

L'obiettivo di questa lavorazione dovrà essere quello di ripristinare l'originaria continuità strutturale degli elementi murari degradati mediante una graduale sostituzione che non dovrà interrompere, nel corso dei lavori, la funzionalità statica della muratura. L'Appaltatore, quindi, provvederà, delimitata la parte di muratura da sostituire, ad individuare le zone dei successivi interventi che dovranno essere alternati in modo da poter sempre disporre di un quantitativo sufficiente di muratura resistente. Aprirà una breccia nella prima zona d'intervento ricostruendo la porzione demolita con muratura di mattoni pieni e malta a base di calce idraulica naturale, ammorsando da una parte la nuova struttura con la vecchia muratura resistente e dall'altra parte lasciando le ammorsature libere di ricevere la successiva muratura di sostituzione. Dovrà, in seguito, inserire a forza fra la nuova muratura e la sovrastante vecchia muratura dei cunei di legno da sostituire, solo a ritiro avvenuto, con mattoni e malta fluida fino a rifiuto. Queste operazioni andranno ripetute per tutte le zone d'intervento.

L'entità delle singole rimozioni e sostituzioni, per la profondità necessaria al consolidamento statico della struttura, dovrà essere stabilita in sito dal Direttore dei Lavori; in mancanza di ulteriori indicazioni si procederà alla rimozione e sostituzione dei singoli elementi, avendo cura di ammorsare adeguatamente la parte ricostruita alle adiacenti parti

sane della muratura.

Durante la ricostruzione dovranno essere inseriti boccali e/o tubicini per successive colate e/o iniezioni di malta o boiacche.

#### 3.7.4 SOSTITUZIONE DI SINGOLI MATTONI

Nel caso di lesione che interessi i singoli elementi in laterizio, sarà facoltà della Direzione Lavori procedere alla sostituzione dei singoli elementi danneggiati, seguendo tutte le prescrizioni del presente capitolato, anziché procedere per fasce con il metodo dello "scuci e cuci". Tale tecnica di intervento potrà essere adottata anche per la creazione di ammorsature a cavallo di lesioni e/o inserimento di singoli mattoni per creare ammorsamenti in corrispondenza di murature non adeguatamente collegate.

#### 3.7.5 FISSAGGIO DI ELEMENTI DECOESI E/O IN FASE DI DISTACCO

In presenza di elementi distaccati (es. paramenti, elementi decorativi e/o porzioni superstiti di paramenti antichi aderenti alla muratura, sia essa costituita da laterizi, tufi, calcari, e comunque realizzata) l'Appaltatore dovrà fare pulire accuratamente la superficie e rimuovere ogni sostanza estranea. Procederà, quindi, all'estrazione degli elementi smossi provvedendo alla loro pulizia e lavaggio ed alla preparazione dei piani di posa con una malta analoga all'originale additivata con agenti chimici solo dietro espressa richiesta della D.L.. Eseguirà in seguito la ricollocazione in opera degli elementi rimossi e la chiusura "sottoquadro" dei giunti mediante la stessa malta, avendo cura di sigillare le superfici d'attacco tra paramento e nucleo con malte preparate in modo idoneo. Se i paramenti dovessero risultare distaccati dal nucleo murario, l'Appaltatore dovrà procedere come descritto precedentemente ripristinando la continuità strutturale tra paramento e nucleo mediante iniezioni o colaggi di miscele fluide di malta a base di latte di calce e pozzolana vagliata e ventilata o altre mescole indicate e preventivamente approvate dalla D.L.. In presenza di piccole lacune o mancanze limitate a pochi elementi si potrà provvedere all'integrazione con materiale antico di recupero. Qualora si dovesse procedere alla ricostruzione di paramenti analoghi a quelli originali, detti paramenti verranno realizzati con materiali applicati in modo da distinguere la nuova esecuzione (sottoquadro, sopra quadro, inserimento di lamine di piombo, trattamento della superficie all'antica). Verranno inoltre previste legature realizzate in genere con barre inox ad aderenza migliorata. Potranno essere utilizzate barre inox filettate solo se la particolare applicazione non richiede la piegatura/sagomatura della barra. L'ancoraggio potrà avvenire mediante contropiastre e/o inghisaggio. Ove possibile l'inghisaggio verrà effettuato con miscela a base di calce idraulica naturale mentre in situazioni critiche verrà fatto ricorso a resine ibride e/o epossidiche.

Particolare attenzione dovrà essere adottata per assicurare il completo riempimento del foro prevedendo se necessario l'utilizzo di miscele tixotropiche e l'utilizzo di calze (es. in nylon e/o in rete inox) per evitare la dispersione attraverso fessurazioni/vuoti esistenti.

In alternativa alla malta di calce idraulica, per il fissaggio e la riadesione di parti più consistenti si potranno utilizzare modeste porzioni di resina epossidica (bicomponente ed esente da solventi) in pasta stesa con l'ausilio di piccole spatole ed eventualmente, se indicato dagli elaborati di progetto, caricate con aggregati tipo carbonato di calcio o sabbie silicee o di quarzo al fine di conferire maggiore consistenza alla pasta e consentire il raggiungimento degli spessori previsti. Si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tixotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire. Durante la fase di indurimento dell'adesivo sarà necessario predisporre dei dispositivi di presidio temporaneo costituiti, a seconda delle dimensioni del frammento, da carta giapponese, nastro di carta, morsetti di legno ecc. facendo attenzione a non danneggiare in alcun modo il manufatto. Per le parti a vista la lavorazione dovrà essere effettuata "sottosquadro" prevedendo una stilatura finale secondo le modalità concordate con la DL.

La procedura applicativa varierà in ragione dello specifico materiale di cui sarà costituito l'elemento da incollare, dei tipi di frattura che questo presenterà e che occorrerà ridurre e dei vuoti che sarà necessario colmare affinché l'operazione risulti efficace.

#### 3.7.6 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE INIEZIONI A BASE DI MISCELE LEGANTI

Prima di dare inizio ai lavori, l'Appaltatore dovrà eseguire un'attenta analisi della struttura al fine di determinare l'esatta localizzazione delle sue cavità e di verificare il quadro fessurativo.

L'esame potrà essere effettuato mediante tecniche molto usuali come la percussione della muratura oppure ricorrendo a carotaggi o, in relazione all'importanza delle strutture e dietro apposita prescrizione, ad indagini di tipo non distruttivo (termografie, ultrasuoni, ecc.).

In seguito, l'Appaltatore – previa autorizzazione della Direzione dei Lavori – farà asportare lo strato di rivestimento per mettere a nudo la lesione e per meglio esaminare la consistenza del paramento murario. In presenza di murature in pietrame incerto sarà preferibile non togliere lo strato d'intonaco al fine di evitare l'eccessivo trasudamento della miscela legante. I punti su cui praticare i fori verranno scelti dalla D.L. in base alla distribuzione delle fessure ad al tipo di struttura.

Nelle murature in pietrame, le perforazioni dovranno essere eseguite in corrispondenza dei punti di giunzione delle malte e ad una distanza che, in relazione alla compattezza del muro, potrà variare dai 60 agli 80 cm..

Nelle murature in mattoni pieni la distanza fra i fori non dovrà superare i 50 cm.. Le perforazioni andranno eseguite distribuendole in modo che le aree delle singole iniezioni vadano a sovrapporsi; ciò si otterrà lasciando fuoriuscire, durante l'iniezione, la miscela dai tubicini "testimoni". Durante questa lavorazione sarà necessario evitare che le sbavature vadano a rovinare in modo irreversibile l'integrità degli adiacenti strati di rivestimento. Per agevolare la diffusione della miscela, l'Appaltatore dovrà praticare dei fori profondi quanto la metà dello spessore del muro. Se lo spessore risulterà inferiore a 60-70 cm., le iniezioni verranno effettuate su una sola faccia della struttura; se, invece, supererà i 70 cm. si dovrà lavorare su ambedue le facce; se lo spessore dovesse essere ancora maggiore (1, 5-2, 0 ml.), o se risultasse impossibile iniettare su entrambi i lati, si dovrà perforare la muratura da un solo lato fino a raggiungere i 2/3 della profondità del muro. Se la muratura sarà in mattoni pieni, per distribuire meglio la miscela e per interessare i diversi strati orizzontali di malta, andranno praticate perforazioni inclinate di almeno 45 gradi verso il basso fino a raggiungere una profondità di 30-40 cm..

Gli ugelli di iniezione ed i tubicini "testimone" andranno cementati con la stessa miscela d'iniezione resa più densa. Tutte le lesioni e le eventuali sconnessure fra conci saranno stuccate in modo da non permettere la fuoriuscita della miscela legante. Prima di iniettare la miscela, dovrà essere effettuato un prelavaggio delle sezioni filtranti sia al fine di saturare la massa muraria sia di mantenere la densità della miscela sia di visualizzare, mediante, l'umidità risorgente dagli intonaci, l'estensione delle zone da trattare e l'esistenza di eventuali lesioni non visibili.

Il lavaggio dovrà essere eseguito con acqua pura e priva di materie terrose; durante la fase del lavaggio andranno effettuate le operazioni supplementari di stilatura dei giunti e sigillatura delle lesioni.

In situazioni particolari, ad esempio in presenza di pareti decorate o laddove per altre ragioni non sia opportuno bagnare la parete oggetto di intervento, il lavaggio preliminare dei fori dovrà essere, provvedendo all'aggiunta di speciali additivi ritentori d'acqua.

La trasfusione delle miscele leganti all'interno dei fori sarà eseguita a pressione controllata; solo dietro prescrizione della D.L. si dovrà fare ricorso ad un'ideale pompa a mano o automatica provvista di un manometro di facile lettura. La miscela, d'ideale consistenza e composizione, dovrà essere omogenea, ben amalgamata ed esente da grumi ed impurità.

Se il dissesto sarà limitato ed una zona ristretta, dovranno essere risanate, con una pressione non troppo elevata, prima le parti più danneggiate ed in seguito, utilizzando una pressione maggiore, le rimanenti zone.

Dopo un preconsolidamento, che sarà eseguito colando mediante un imbuto una boiaccia molto fluida, andranno effettuate le iniezioni procedendo con simmetria dal basso verso l'alto al fine di evitare pericolosi squilibri di peso e conseguenti alterazioni nella statica della struttura. La miscela andrà iniettata, in relazione alla consistenza della muratura, mediante una pressione di circa 0,5-1,0 atm (iniezione a bassa pressione). che servirà ad agevolare il drenaggio e ad otturare con il ritorno elastico i fori. Occorrerà, inoltre, in relazione alla quota del piano di posa delle attrezzature, aumentare la pressione d'immissione di 1/2 atmosfera ogni 3 m di dislivello in modo da bilanciare la pressione idrostatica. La pressione dovrà essere mantenuta costante fino a quando la miscela non sarà fuoriuscita dai fori adiacenti o dai tubicini "testimoni".

Le iniezioni verranno eseguite per fasi, numerando le file di fori progressivamente dal basso verso l'alto; ciascuna fila interesserà in genere tutta la larghezza del muro, salvo nei casi di elevata estensione per i quali si procederà per sottocantieri. Nel caso di archi o volte si procederà alla numerazione dalle reni verso la chiave. Negli edifici a diversi piani, le iniezioni dovranno essere praticate a partire dal piano più basso.

Le fasi di intervento si svolgeranno nel seguente modo:

- iniezione nella prima fila di fori della miscela a bassa pressione, stabilita in corso d'opera dal Direttore dei Lavori,

avendo cura di arrestare l'iniezione dopo la fuoriuscita della miscela dai tubi di iniezione posti sulla seconda fila;  
- ripetizione del procedimento sino all'iniezione di tutti i fori.

Nel caso in cui durante la fase di lavaggio, oppure durante la fase di iniezione, se non si effettua il lavaggio, si verificassero fuoriuscite, si dovranno interrompere le lavorazioni e procedere alla stilatura dei giunti nelle zone in cui si è verificata la fuoriuscita.

Potrà essere facoltà del Direttore dei Lavori far eseguire una ripresa delle iniezioni dopo 24-48 ore dalla prima fase di iniezione, al fine di riempire completamente tutte le cavità.

Dopo l'indurimento della miscela, gli ugelli saranno dismessi ed i fori sigillati con la malta appropriata.

Nel corso dei lavori l'Impresa dovrà documentare adeguatamente, anche con rilievo fotografico, le posizioni dei fori di iniezione, prima di procedere alla definitiva rimozione delle cannule e alla stuccatura del relativo foro di inserimento.

Ad intervento ultimato l'Impresa dovrà aver cura di pulire, a propria cura e spese, il paramento murario da eventuali colature di malta da iniezione.

### 3.7.7 RISTILATURA DEI GIUNTI DI MALTA

La prima operazione di intervento riguarderà l'eliminazione puntuale dei giunti di malta incompatibili, giunti cioè realizzati con malte troppo crude (cementizie) incompatibili col paramento, in grado di creare col tempo stress meccanici evidenti, o gravemente ammalorate. L'operazione dovrà avvenire con la massima cura utilizzando scalpelli di piccole dimensioni, evitando accuratamente di intaccare il manufatto originale. Seguirà un intervento di pulitura utilizzando pennelli a setole morbide e bidone aspiratutto. Previa abbondante bagnatura con acqua deionizzata si effettuerà la stilatura dei giunti di malta tramite primo arriccio in malta a base di calce idraulica esente da sali solubili e sabbia vagliata (rapporto legante inerte 1: 2). L'arriccio sarà da effettuarsi utilizzando piccole spatole evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta che con le spatole), si potranno eventualmente proteggere le superfici al contorno utilizzando nastro adesivo in carta.

La ristilatura di finitura si effettuerà secondo le indicazioni di progetto e della D.L.. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campioni, e dalla risoluzione cromatica che si vuole ottenere in sintonia con le malte esistenti (per piccole ristilature) o in difformità per distinguerle da quelle esistenti (porzioni di muratura più vaste). Tali scelte saranno esclusivamente dettate dalla D.L. comunque dietro specifica autorizzazione degli organi competenti alla tutela del bene in oggetto. La ristilatura avverrà sempre in leggero sotto-quadro e dovrà prevedere una finitura di regolarizzazione tramite piccole spugne inumidite in acqua deionizzata.

Le malte utilizzate dietro specifica richiesta e/o autorizzazione della D.L., potranno essere caricate con additivi di natura chimica, quali resine epossidiche (richiesta di forte adesività per stuccature profonde non esposte ai raggi U.V.) o resine acriliche o acril-siliconiche.

Le zone di intervento, la sequenza e la modalità di esecuzione delle varie operazioni, nonché le caratteristiche delle malte impiegate dovranno ottenere sempre la preventiva approvazione della D.L.

Ove indicato dal progetto e/o richiesto dalla D.L., l'esecuzione della scarifica dei giunti dovrà essere eseguita con la massima cura e cautela, al fine di limitare quanto più possibile la perdita dell'intonaco esistente, ove ne sia previsto il perfetto ripristino a lavoro ultimato.

### 3.7.8 RISTILATURE ARMATE (REPOINTING)

Per il rinforzo di muratura in cattivo stato o in zone soggette ad aumenti dei carichi gravanti si procederà mediante l'inserimento di barre o piatti di rinforzo nei giunti, eseguendo le operazioni indicate di seguito:

-rimozione dell'intonaco, ove presente;

-taglio dei giunti di malta con mezzo meccanico, per la profondità indicata nel progetto (usualmente circa 5-6 cm) avendo cura di procedere lentamente, adottando tutte le cautele atte ad evitare danneggiamenti della muratura; o in particolari situazioni di degrado o di pregio del paramento su cui si interviene, scarnitura dei giunti manuale con raschietti, e scalpelli di piccole dimensioni, per una profondità che dipenderà dalla gravità del danno in atto e dalle richieste di progetto;

-inserimento di barre in acciaio inox ad aderenza migliorata in numero, del tipo e per la lunghezza indicate in progetto,

o a scelta della DL di barre rettangolari pultruse in fibra di carbonio ad aderenza migliorata;

-saturazione del giunto scarnito con malta di calce ad alta resistenza, applicata con cazzuolino avendo cura di rimanere sotto squadra rispetto ai bordi dei mattoni .

La malta utilizzata dovrà essere compatibile con la muratura esistente, priva di sali solubili e garantire una resistenza a compressione a 28 gg non inferiore 70 kg/cmq

Tutte le operazioni vanno eseguite a mano, avendo cura di evitare danneggiamenti, in particolare dei bordi dei mattoni, rifinendo le stilature e ripulendo gli eventuali debordi di malta, pulendo ogni incrostazione.

Le medesime operazioni potranno essere realizzate anche in zone d'angolo, inserendo opportune barre pre-sagomate a piè d'opera. Per la piegatura/sagomatura delle barre, ove non diversamente specificato, l'Impresa non avrà diritto ad alcun maggiore compenso, ritenendosi questa già compresa e compensata nel prezzo di Elenco Prezzi Unitari.

Le zone di intervento, la sequenza e la modalità di esecuzione delle varie operazioni, nonché le caratteristiche delle malte impiegate dovranno ottenere sempre la preventiva approvazione della D.L.

La lavorazione dovrà essere condotta per cantieri successivi, procedendo alla scarnitura dei giunti vicini solo dopo l'avvenuta presa della malta di sigillatura, al fine di non causare un eccessivo indebolimento della muratura.

Le giunzioni delle barre dovranno essere sfalsate e verranno effettuate per sovrapposizione con lunghezza non inferiore a 60-80 cm e comunque nel rispetto delle indicazioni degli elaborati progettuali. In casi particolari potrà essere richiesta dalla D.L. l'esecuzione di giunzione mediante saldatura.

Ove non diversamente specificato, dovranno intendersi compresi nel prezzo anche l'esecuzione di fori nella muratura con strumento a rotazione per l'inserimento di forchette o per l'inghisaggio in malta o resina delle estremità piegate delle barre inserite nei giunti, come da indicazioni di progetto o della D.L.

Tale tecnica potrà essere adottata – senza necessità di preventiva scarifica dei giunti – per il consolidamento di ricostruzioni murarie.

### 3.7.1 CAROTAGGI PER L'INSERIMENTO DI TIRANTI METALLICI

Le opere di carotatura dell'apparato murario verranno in genere eseguite a mezzo di carotatrici fornite di punte diamantate con raffreddamento ad acqua, ad avanzamento controllato. I fori verranno realizzati delle dimensioni previste in progetto, e comunque generalmente non superiori a 60-80 mm, sia per l'attraversamento di elementi murari sia per lunghezze maggiori e nelle posizioni e con le direzioni rispetto alla superficie muraria indicate nel progetto esecutivo e dalla Direzione Lavori.

In applicazioni particolari (es. presenza di affreschi) dovrà essere previsto il carotaggio a secco con punta al widia con raffreddamento ad aria o di speciali dispositivi ad aria/acqua nei quali il raffreddamento di speciali testine diamantate a parete sottile viene garantito mediante nebulizzazione di ridottissime quantità d'acqua tramite una valvola tarata.

L'operazione dovrà avvenire con la massima cura, controllando la velocità di avanzamento ed arrestando l'operazione nel caso si verificassero comportamenti anomali, quali una velocità eccessivamente bassa o eccessivamente elevata, sospendendo l'operazione e avvertendo immediatamente la Direzione Lavori.

Per carotaggi di elevata lunghezza potrà essere prevista l'esecuzione di perforazioni per l'intercettazione dei carotaggi.

In ogni fase della lavorazione dovrà essere garantito l'adeguato smaltimento del liquido di raffreddamento e/o delle polveri, la protezione delle superfici ed al termine delle operazioni si dovrà effettuare una perfetta pulizia degli ambienti e delle opere.

### 3.7.2 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE TIRANTI METALLICI

I tiranti metallici dovranno essere applicati di preferenza all'interno della muratura e fissati alle estremità con piastre atte alla distribuzione dei carichi. Le tirantature metalliche potranno anche essere lasciate completamente a vista nel caso in cui il progetto lo preveda e/o dietro indicazioni specifiche della D.L.

Una volta segnati i livelli e gli assi dei tiranti, l'Appaltatore dovrà preparare la sede di posa dei tiranti mediante l'utilizzo di trapani/carotatrici esclusivamente rotativi del diametro prescritto onde evitare sconnessioni e ogni possibile

disturbo all'equilibrio della struttura dissestata.

Quando si dovesse predisporre la sede di posa dei tiranti in aderenza ai paramenti, l'Appaltatore dovrà praticare nella muratura delle apposite scanalature. Le loro sezioni e la loro posizione saranno prescritte dagli elaborati di progetto e dovranno essere in grado di contenere i piani di posa dei tiranti e delle piastre di ripartizione, le cui aree di appoggio dovranno essere spianate con getto di malta antiritiro.

I tiranti, una volta tagliati e filettati per circa 10 cm da ogni lato, o secondo le indicazioni di progetto, andranno posti in opera e fissati alle piastre (delle dimensioni e spessori prescritti) mediante dadi filettati predisponendo preventivamente apposite guaine protettive.

Ad avvenuto indurimento delle malte usate per i piani di posa delle piastre, l'Appaltatore metterà in tensione i tiranti per mezzo di chiavi dinamometriche in modo che la tensione applicata non superi il 50% di quella ammissibile dal cavo di acciaio. Ove previsto, si salderanno infine i dadi filettati.

La sede di posa dei tiranti, se prevista all'interno della struttura, potrà essere riempita, dietro precise indicazioni della D.L., con iniezioni di malte reoplastiche o di prodotti di sintesi chimica, mentre le scanalature potranno essere sigillate con malta o lasciate a vista, eventualmente rifinite in modo da non andare in contrasto con l'aspetto del paramento murario.

I tiranti verticali, diagonali e comunque inclinati verranno inseriti in fori passanti attraverso le murature, nei quali verrà poi iniettata a pressione malta epossidica opportunamente formulata, per la formazione del bulbo di ancoraggio. Verranno poi messe in opera le piastre di ancoraggio. L'operazione di tesatura avverrà dopo il completo essiccamento del bulbo di ancoraggio.

Il posizionamento, le forme e le dimensioni delle piastre di ancoraggio dovranno seguire le prescrizioni del progetto o della D.L., potranno infatti essere ortogonali al tirante, inclinate rispetto a questo, a bloccaggio singolo o pluricavo.

I capochiave a paletto o a piastra vanno posti in opera curando particolarmente le condizioni di appoggio alle pareti murarie, in modo da favorire la migliore distribuzione delle tensioni di contatto con la muratura. A tale scopo potranno essere adottate lamine di piombo, colature di piombo a caldo, malte antiritiro, resine, o una combinazione delle tecniche citate.

Potrà essere richiesta la scarnitura locale della muratura e tutte le lavorazioni necessarie per permettere il montaggio a parziale incasso dei capochiave a paletto.

La formazione delle sedi di accoglimento delle piastre con demolizioni locali di muratura e successiva ricostruzione verrà eseguita con la tecnica dello scuci-cuci.

Il trattamento di finitura superficiale dei tiranti e delle relative piastre di ancoraggio dovrà in generale prevedere la pallinatura con microsferi in acciaio in alternativa alla sabbiatura e successiva verniciatura con vernice nero micacea previa stesura di uno strato di primer. Tale trattamento dovrà in ogni caso essere preventivamente approvato, anche sulla base di campioni, dalla D.L. che potrà richiedere modifiche in funzione del tipo di applicazione e delle eventuali richieste della Soprintendenza.

## **3.8 CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA (LATERIZIO E PIETRA)**

### **3.8.1 GENERALITÀ**

Prima di mettere in pratica qualsiasi procedura di consolidamento è richiesta la verifica preliminare della consistenza statica attraverso:

- verifica delle caratteristiche fisiche e meccaniche della volta e dei singoli elementi che ne fanno parte (materiali, tessitura, spessori) anche attraverso l'esecuzione di saggi e perforazioni di controllo;
- analisi del quadro fessurativo e conseguente studio del degrado.

#### Stuccature preliminari

Si procederà alla stuccatura con malta idraulica di tutte le eventuali lesioni o soluzioni di continuità localizzate all'intradosso della volta seguendo le prescrizioni della D.L.

### Puntellatura

Tutta la volta oggetto d'intervento dovrà – se necessario – essere preventivamente sostenuta da un sistema di centine simile a quello utilizzato per la costruzione; si dovrà, inoltre, provvedere alla messa in opera d'adeguate sbadacchiature al fine di contrastare la spinta di volte contigue. In presenza di porzioni di volte affrescate, ovvero decorate, a contatto con i puntelli, queste dovranno essere protette con i sistemi ritenuti più idonei dalla D.L.; si ricorda, inoltre, che le opere di sostegno dovranno insistere su un piano di appoggio assolutamente sicuro.

### Rimozione materiale inerte

Su indicazione della D.L., in funzione del tipo di intervento da realizzare, tutto il materiale (pavimento, sottofondo, eventuale piano di posa, materiale di rinfianco) sovrapposto alla volta dovrà essere rimosso; questa operazione dovrà essere effettuata manualmente e dovrà avanzare (per strati paralleli e successivi fino al vivo dell'estradosso della volta) a partire dalla zona di chiave fino ad arrivare all'esterno della volta facendo attenzione di conservare l'integrità dei materiali. Secondo la tipologia di volta la rimozione seguirà direzioni differenti: nelle volte a botte si procederà per tratti di uguale dimensione a partire da entrambi i lati della generatrice superiore fino a raggiungere i rinfianchi; nelle volte a padiglione ed a crociera, si inizierà dal centro proseguendo lungo i quattro fronti, seguendo le generatrici in quella a padiglione, o seguendo la direzione degli anelli in quella a crociera, fino a giungere il livello di imposta (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico sullo smontaggio delle strutture voltate).

Dovrà in ogni caso essere posta particolare attenzione nell'evitare – in qualunque momento – uno sbilanciamento nella distribuzione delle masse, potenzialmente pericoloso per la stabilità della volta.

Il lievo dei pavimenti esistenti dovrà essere eseguito con ogni cautela, per la possibilità di rinvenimenti di pavimenti preesistenti. Potrà essere facoltà della D.L. chiedere l'eventuale cernita ed accatastamento del materiale giudicato recuperabile.

### Pulizia dell'estradosso

Si eseguirà la pulitura rimuovendo (mediante spazzole di saggina, raschietti, aria compressa aspiratori od altri sistemi ritenuti idonei dalla D.L.) le malte leganti degradate, i detriti che si presenteranno aridi ed inconsistenti e tutto ciò che potrebbe in qualche modo ostacolare le successive operazioni di consolidamento.

### 3.8.2 CONSOLIDAMENTO DELL'ESTRADOSSO MEDIANTE CAPP A ARMATA

Previa esecuzione delle operazioni preliminari, la procedura prevederà la messa in opera di rete elettrosaldata (o armatura doppia) in acciaio inox AISI 304 o 316 ad aderenza migliorata B450C (FeB44K) adeguatamente dimensionata secondo le indicazioni di progetto (comunque non inferiore a 6 mm con maglie 100x100 mm), adagiata in modo da seguire perfettamente la forma dell'estradosso; se sarà necessario la rete potrà essere tagliata e piegata; particolare attenzione dovrà essere fatta nei sormonti delle giunzioni (almeno due maglie ed in genere non inferiore a 60 diametri) e nei "rinforzi" da attuare con raddoppi di maglia in determinate fasce, come ad esempio all'incontro di generatrici contigue tra porzioni differenti (unghie, lunette ecc.); la rete potrà essere risvoltata verticalmente per una conveniente misura (minimo 30-40 cm). L'armatura dovrà essere collegata, sia alla volta sottostante, sia alla muratura d'ambito. Questi ancoraggi (in ragione di un minimo di 4-5 al mq da intensificare nelle zone lesionate ed in chiave) saranno eseguiti mediante foratura, con strumento a sola rotazione, evitando l'uso della percussione; iniezione nel foro di betoncino reoplastico a ritiro compensato o di resina epossidica bicomponente e successivo inserimento di spille in acciaio inox B450C (minimo 8 mm) da ripiegare ad "L" sulla rete. Analogamente sulle pareti laterali d'imposta della volta si eseguiranno degli ancoraggi, ogni 25-30 cm, mediante barre in acciaio inossidabile B450C (minimo 8 mm inghisato con malta reoplastica) seguendo la tecnica del "grip-round". Previa bagnatura con acqua della superficie si eseguirà il getto della soletta con conglomerato a base di calce idraulica naturale NHL 5 (o avente i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto) eventualmente additivato – su indicazione della D.L. – con emulsioni di resine sintetiche per migliorare il potere coesivo; la resistenza meccanica minima non dovrà essere inferiore ai 12 MPa. Se indicato dalle prescrizioni di progetto si potrà eseguire il getto con conglomerato strutturale alleggerito con argilla espansa, pomice naturale od altri materiali idonei, eventualmente prescritti. Solo ove esplicitamente autorizzato dalla Soprintendenza e previsto dal progetto e dalla D.L. potrà essere utilizzato conglomerato cementizio. In ogni caso non potranno essere utilizzati prodotti a base cementizia in presenza di



elementi decorati e/o decorazioni.

In presenza di volte con luci piuttosto consistenti ed una sezione di chiave ridotta si potrà ricorrere ad un'armatura supplementare (legata alla rete sottostante) posizionando lungo la mezzera longitudinale e per tutta la luce, delle barre in acciaio inossidabile o zincato B450C inghisate da ambedue i lati nella muratura di testa, secondo le indicazioni di progetto.

Al fine di evitare percolamenti di acqua sull'intradosso della volta (in modo particolare in presenza di affreschi od intonaci storici da tutelare) si dovrà provvedere, preventivamente, alla stuccatura di fessure, lesioni e soluzioni di continuità.

Sempre dietro specifica richiesta della D.L. o se previsto negli elaborati di progetto, si potranno effettuare eventuali operazioni di alleggerimento dei rinfianchi della volta riempiendo lo spazio compreso tra l'estradosso della volta ed il piano del solaio soprastante con idoneo calcestruzzo alleggerito (calce idraulica naturale NHL 5 100 kg/m<sup>3</sup>, argilla espansa 1 mc) ovvero con materiale inerte leggero (argilla espansa, vermiculite, pomice naturale ecc.).

Per la messa in opera del nuovo piano di solaio si potrà procedere utilizzando svariati sistemi tra i quali: realizzazione di idonei rinfianchi cellulari (frenelli) o il posizionamento di una seconda soletta, per uno spessore minimo di 4 cm, armata con rete in acciaio elettrosaldato B450C adeguatamente dimensionata secondo le indicazioni di progetto (comunque non inferiore a  $\varnothing$  8 mm con maglie 15x15 cm) e collegata alle murature d'ambito (si rimanda a quanto esposto agli articoli sull'ancoraggio dei solai alle murature).

Per l'esecuzione della soletta armata si ricorda che sarà opportuno porre attenzione al collegamento, in chiave, delle due reti elettrosaldato; collegamento che potrà essere eseguito con le medesime spillature (barre in acciaio inox  $\varnothing$  8 mm) utilizzate per ancorare la contro volta all'intradosso della volta.

Specifiche sull'acciaio: per le spillature e le armature in genere in alternativa all'acciaio inossidabile o zincato, su autorizzazione della D.L. si potranno utilizzare barre di acciaio normale preventivamente trattate con boiaccia passivante anticarbonatante, reoplastica-pennellabile bicomponente (A = miscela di cemento polveri silicee e inibitori di corrosione, B = polimeri in dispersione acquosa; rapporto tra A e B variabile da 2:1 a 3:1); le caratteristiche minime della boiaccia dovranno essere: adesione all'armatura ed al cls > 2,5 N/mm<sup>2</sup>, resistenza alla nebbia salina dopo 120 h nessuna corrosione, pH > 12, tempo di lavorabilità a 20°C e 50% U.R. circa 40-60 min.

### 3.8.3 ESECUZIONE DI CAPPA DI RIPARTIZIONE IN CONGLOMERATO A BASE DI CALCE IDRAULICA NATURALE ARMATA CON BARRE INOX

Previa esecuzione delle operazioni preliminari, la procedura prevederà la messa in opera di doppia armatura in acciaio inox AISI 304 o 316 ad aderenza migliorata B450C (FeB44K) adeguatamente dimensionata secondo le indicazioni di progetto (comunque non inferiore a 6 mm con maglie 150x150 mm), adagiata in modo da seguire perfettamente la forma dell'estradosso. Particolare attenzione dovrà essere fatta nei sormonti delle giunzioni al fine di non generare un eccessivo spessore dell'armatura rispetto al quello previsto per il successivo getto.

Previa accurata aspirazione e successiva bagnatura con acqua della superficie si eseguirà il getto della soletta in conglomerato a base di calce idraulica naturale avente i requisiti richiesti dagli elaborati di progetto, eventualmente additivato – su indicazione della D.L. – con emulsioni di resine sintetiche per migliorare il potere coesivo; la resistenza meccanica a compressione non dovrà essere inferiore a C12/15.

Se indicato dalle prescrizioni di progetto si potrà eseguire il getto con conglomerato strutturale alleggerito con argilla espansa, pomice naturale od altri materiali idonei, eventualmente prescritti. Solo ove esplicitamente autorizzato dalla Soprintendenza e previsto dal progetto e dalla D.L. potrà essere utilizzato conglomerato cementizio. In ogni caso non potranno essere utilizzati prodotti a base cementizia in presenza di elementi decorati e/o decorazioni.

Al fine di evitare percolamenti di acqua sull'intradosso della volta (in modo particolare in presenza di affreschi od intonaci storici da tutelare) si dovrà provvedere, preventivamente, alla stuccatura di fessure, lesioni e soluzioni di continuità.

L'impresa dovrà completare il lavoro con un'adeguata cura del getto, in funzione delle condizioni termo-igrometriche ambientali, al fine di garantire un'adeguata maturazione dello stesso.

### 3.8.4 ESECUZIONE DI RINFIANCHI E RIEMPIMENTI CON CONGLOMERATO A BASE CALCE ALLEGGERITO CON ARGILLA ESPANSA

Sempre dietro specifica richiesta della D.L. o se previsto negli elaborati di progetto, si potranno effettuare eventuali operazioni di riempimento dei rinfianchi della volta riempiendo lo spazio compreso tra l'estradosso della volta ed il piano del solaio soprastante con idoneo conglomerato a base di calce idraulica naturale alleggerito avente densità 1200-1400 kg/mc. Il getto sarà eseguito a mano fino al livello indicato dagli elaborati di progetto e dalla D.L. Su autorizzazione della D.L. il conglomerato potrà eventualmente essere pompato, avendo cura di curare adeguatamente il getto al fine di garantire l'adeguato riempimento ed evitare la segregazione degli aggregati. La lavorazione dovrà essere eseguita avendo cura di preservare l'integrità dei materiali e procedendo per strati paralleli di spessore non superiore a 30 cm, assicurando un adeguato costipamento ed evitando accumuli di materiale che potrebbero compromettere la stabilità del manufatto.

Per assicurare un ottimale funzionamento dei sistemi voltati potrà essere richiesto di differenziare la densità del riempimento nelle varie zone adottando inerti con diverse caratteristiche.

L'Impresa dovrà completare il lavoro con un'adeguata cura del getto, in funzione delle condizioni termo-igrometriche ambientali, al fine di garantire un'adeguata maturazione dello stesso.

### 3.8.5 CONSOLIDAMENTO MEDIANTE POSA IN OPERA DI "FRENELLI"

Previa esecuzione delle operazioni preliminari si procederà alla raschiatura e spazzolatura dei giunti di malta della volta sull'estradosso, dopodiché si passerà alla eventuale esecuzione di una sottile cappa tramite boiaccia di malta a base di calce idraulica naturale (eventualmente additivata con pozzolana o cocchio pesto) al fine di "saturare" gli eventuali giunti sconnessi fra gli elementi lapidei o laterizi.

Verranno, se previste dal progetto e/o dalla D.L., realizzate costolature/nervature con mattoni pieni eventualmente rinforzate con nastri in FRP.

L'operazione procederà con la messa in opera dei rinfianchi/frenelli costituiti da muratura in mattoni pieni allestiti con malta idraulica; l'interasse e la dimensione dei frenelli saranno quelli indicati dalle prescrizioni di progetto, di norma lo spessore non sarà superiore alla sezione, in chiave, della volta (generalmente una testa 12-13 cm) e l'interasse potrà variare tra i 80 e i 110 cm (a seconda della luce della volta, del suo spessore e del sovraccarico previsto).

Nei frenelli dovranno essere previste le eventuali aperture e fori per il passaggio di canalizzazioni impiantistiche e/o tiranti di rinforzo.

Al fine di impedire/limitare gli scorrimenti fra la superficie della volta e il rinfianco, questo potrà essere rinforzato con fasce in FRP secondo le indicazioni di progetto.

Ove previsto il rinfianco verrà ancorato all'estradosso della volta tramite prese (almeno 4 per metro) costituite da spillature metalliche (sporgenti dall'estradosso per almeno 10 cm) annegate nella muratura, di tipo e diametro indicato dagli elaborati di progetto e/o indicati dalla D.L. (in ogni caso il diametro minimo sarà di 6-8 mm e l'acciaio utilizzato dovrà essere di tipo inossidabile).

Verrà successivamente ripristinato il riempimento con i materiali (es. materiale sciolto, conglomerato alleggerito a base di calce idraulica e argilla espansa, materiale legato con calce) ed i livelli previsti dal progetto e dalla D.L.

### 3.8.6 CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA MEDIANTE INIEZIONI

Tali operazioni faranno riferimento a specifici elaborati di progetto che daranno indicazioni sulla profondità ed inclinazione delle perforazioni da effettuare, sui sistemi di iniezione, sui tipi di leganti e sulle pressioni di esercizio che andranno in ogni caso verificate in base alle indagini e controlli eseguiti in opera.

Si fa in ogni caso riferimento alle regole indicate nelle operazioni di iniezione di elementi murari.

Le perforazioni si eseguiranno generalmente lungo le lesioni prevedendo 3-4 fori/m e comunque in funzione del tipo di lesione e dello spessore della volta.

Dopo l'inserimento delle cannule si procederà alla sigillatura delle lesioni all'intradosso.

Nelle lesioni più ampie la malta verrà forzata all'interno della fenditura previo l'inserimento di cunei e (sulle lesioni di ampiezza superiore ad 2 cm) potranno essere inseriti spessori in laterizio.

Le iniezioni si dovranno eseguire manualmente iniziando il riempimento delle cannule all'intradosso a partire dai piedritti fino a raggiungere la chiave, controllando la fuoriuscita della miscela dai bocchigli posizionati all'estradosso.

Successivamente verranno effettuate le iniezioni dalle cannule previste all'estradosso.

La malta da iniezione sarà immessa solo dopo aver colato un quantitativo d'acqua sufficiente ad evitarne la disidratazione. Si potranno effettuare le iniezioni mediante pompe manuali o compressori purché a bassa pressione e sotto costante controllo della pressione di immissione che sempre dovrà mantenersi entro limiti di sicurezza. Tali operazioni si potranno effettuare solo dietro preventiva autorizzazione della D.L..

Potrebbe essere necessario, su insindacabile giudizio della D.L., ripetere le iniezioni trascorse 24-48 ore.

L'Appaltatore dovrà eseguirle al fine di saturare completamente i vuoti prodotti dal ritiro o dalla sedimentazione della malta legante.

### 3.8.7 CONSOLIDAMENTO DI VOLTE IN MURATURA MEDIANTE MATERIALI COMPOSITI (FRP)

Le indicazioni di messa in opera per tale tipo di intervento dovranno essere applicate anche in caso di applicazioni in genere su pietra e/o materiale lapideo.

Durante l'applicazione verranno monitorate le condizioni termo-igrometriche sospendendo le operazioni in caso di temperature ed umidità non idonee alla corretta posa in opera.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a  $\pm 45^\circ$ ) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati" alla struttura (tecnica "wet lay up"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.

Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate.

Previa un'accurata pulitura dell'estradosso della volta al fine di eliminare depositi superficiali, polveri e materiale incoerente, si procederà alla preparazione della superficie stuccando e livellando eventuali fessurazioni ed irregolarità con malta a base di calce cercando di disporre superfici il più regolari possibile (lo scarto tra livelli superficiali contigui dovrà essere inferiore a 1 mm); in questa fase andrà, inoltre, identificato prima e studiato poi il quadro fessurativo della volta per determinare il numero, la disposizione e la grammatura delle fasce di rinforzo, ove queste non risultassero già definite dal progetto. Successivamente, ove necessario, si procederà alla stesura (da parte di operatore specializzato e di comprovata esperienza) di due strati preparatori: un primer di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20°C 480 min., temperatura minima di applicazione 10-12°C indurimento al tatto a 20°C 16-18 h) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema CFRP. La quantità da applicare è variabile a seconda della porosità e della scabrezza della muratura (in media circa 0,2 l/mq); nel caso in cui la prima mano fosse troppo assorbita dal supporto si potrà ricorrere ad una nuova stesura.

Passate almeno 6 ore (ovvero fino a quando il primer non risulterà più appiccicoso) comunque entro le 24 ore successive si applicherà, se richiesta dal progetto (ovvero nei casi in cui la superficie si presenti irregolare o quando la consistenza del supporto necessita di un rinforzo supplementare), una rasatura (putty) per uno spessore di circa 1-2 mm, stesa a mezzo di spatola o frattazzo, (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 5°C, resistenza a trazione diretta 12-24 MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq 35$  MPa, modulo elastico 180-220 GPa, indurimento al tatto a 20°C 8-10 h) costituita da stucco epossidico (bicomponente) compatibile con il primer e con il successivo adesivo. Trascorso il tempo necessario (comunque entro le 24 ore successive) per ottenere la condizione di fuori tatto si stenderà, uniformemente sulla superficie della volta mediante pennello o rullo (a pelo corto), e fresco su fresco, sopra le zone precedentemente trattate con il primer, ovvero con la rasatura, un adesivo epossidico (bicomponente) a consistenza tissotropica (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 10-12°C, resistenza a trazione diretta  $\geq 30$  MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq 50$  MPa, modulo elastico a trazione diretta 300-350 GPa, allungamento a rottura 2-5 %, assorbimento acqua 0,05-0,3 %, indurimento al tatto a 20°C 16-18 h); seguirà l'immediata applicazione dei nastri di rinforzo (seguendo le indicazioni di progetto e comunque opportunamente orientati secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate) esercitando una pressione regolare, per 2 o 3 volte, nella direzione longitudinale della fibra mediante un rullino di gomma rigida od a denti smussati al fine di eliminare sia l'eventuale aria dallo strato di resina, sia per completare l'impregnazione del nastro. I nastri saranno costituiti da strisce di larghezza variabile da un minimo di 10 cm ad un

massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra (ad es. per fibre unidirezionali si potranno avere: carbonio circa 0,16 mm, vetro circa 0,23 mm, aramidica circa 0,21 mm); anche il peso sarà variabile in rapporto al materiale ed alla tipologia della fibra (per es. fibre di carbonio unidirezionali peseranno circa 330-500 g/m<sup>2</sup>, mentre fibre di carbonio bidirezionali peseranno circa 450-600 g/m<sup>2</sup>). Il nastro dovrà presentarsi ben steso e ben ancorato; le eventuali sovrapposizioni, nella direzione longitudinali, dovranno essere di almeno 20-30 cm mentre, nella direzione trasversale potranno essere più ridotte (saranno sufficienti 2-5 cm).

Passata almeno 1 ora si procederà alla stesura della "seconda mano" di adesivo. Se specifiche di progetto o prescrizioni della D.L. indicheranno più strati di composito si ripeteranno le operazioni enunciate precedentemente. Nel caso d'interventi su intradossi di volte, da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'ariccio dell'intonaco, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo o all'incollaggio alle fibre una rete porta intonaco.

Ove indicato dal progetto e/o richiesto dalla D.L., l'intervento dovrà essere completato con l'applicazione di elementi di ancoraggio sfioccati (barre in fibra di carbonio o aramide), inghisati in resina entro fori praticati nella muratura. Su autorizzazione della D.L., gli elementi di ancoraggio potranno essere confezionati in cantiere a partire dal tessuto secco, purché sia garantita la piena rispondenza ai requisiti prestazionali richiesti in progetto.

### 3.8.8 RINFORZO VOLTE CON INTONACO IN MALTA DI CALCE CON RETE FIBRA DI BASALTO E ACCIAIO INOX ALCALI-RESISTENTE

Esecuzione di rinforzo di volte in muratura, tufo, pietra naturale, mediante l'utilizzo di un sistema composito a base di rete biassiale in fibra di basalto, avente le caratteristiche indicate in progetto, impregnato con matrice inorganica di malta strutturale M15 a base di pura calce idraulica naturale NHL 3.5 da applicarsi direttamente alla struttura da rinforzare.

L'intervento dovrà essere svolto nelle seguenti fasi:

- eventuale trattamento di ripristino e preparazione delle superfici degradate, ammalorate, decoese o non planari;
- applicazione di un primo strato, di spessore medio di 5 mm, di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3.5, seguendo accuratamente l'andamento della volta;
- con malta ancora fresca, procedere alla posa della rete in fibra di basalto, avendo cura di garantire, mediante pressione energica con spatola o rullo metallico, una completa impregnazione della rete ed evitare la formazione di eventuali vuoti o bolle d'aria che possano compromettere l'adesione della stessa alla matrice o al supporto;
- agendo fresco su fresco posare il secondo strato di malta a base di calce idraulica naturale NHL 3.5 in spessore di circa 5 mm fino ad inglobare totalmente la rete di rinforzo e chiudere gli eventuali vuoti sottostanti.

### 3.8.9 RINFORZO DI VOLTE E MURATURE CON SRG/SRP

Preparare le superfici oggetto del rinforzo ripulendole accuratamente da ogni elemento che possa pregiudicare l'adesione del sistema di rinforzo e predisporre eventuali sistemi di ancoraggio meccanici o perfori per l'inghisaggio di estremità dei tessuti.

La superficie di posa del tessuto in fibra di acciaio dovrà essere adeguatamente preparata, sigillando le lesioni e regolarizzando le discontinuità, fino ad ottenere le condizioni di posa prescritte dal produttore.

Su supporto primerizzato, in funzione delle specifiche indicazioni di progetto, sarà applicata una delle seguenti matrici:

- matrice inorganica (malta a base di legante idraulico o a base di calce idraulica naturale, appositamente testata e certificata dal produttore del tessuto per il tipo di applicazione previsto).
- matrice organica (a base di resina epossidica, appositamente testata e certificata dal produttore del tessuto per il tipo di applicazione previsto).

Applicata la matrice, a fresco, procedere all'eventuale inserimento di una estremità del tessuto nei perfori o nei sistemi di fissaggio meccanici precedentemente predisposti, stendere il tessuto, pretensionare (se previsto) e bloccare l'altra

estremità della striscia e, con spatola metallica e/o cazzuola, annegare completamente il tessuto all'interno della matrice.

A fresco applicare una ulteriore mano di matrice assicurandosi che il tessuto non rimanga in alcuna zona scoperto.

Ove previsto dal progetto o indicato dalla D.L., potrà essere richiesta la fornitura e posa di piastre di ancoraggio e/o di connettori ricavati dal tessuto, opportunamente lavorati ed inghisati entro fori praticati sulla muratura.

La finitura con intonaco tradizionale o con intonaco termico di protezione dal fuoco dovrà essere preceduta (nel caso di matrici epossidiche o epossicementizie) dall'applicazione a fresco sull'ultimo strato di matrice di uno spolvero di quarzo di granulometria adeguata.

### **3.9 OPERE DA CARPENTIERE**

#### **3.9.1 GENERALITÀ**

Tutti i legnami da impiegarsi in opere permanenti da carpentiere (grossa armatura di tetto, travature per solai, impalcati, ecc.), devono essere lavorati con la massima cura e precisione, secondo ogni buona regola d'arte e in conformità alle prescrizioni date dalla Direzione dei Lavori.

**Gli spessori e le sezioni resistenti indicati nel progetto strutturale sono da intendersi come misure minime degli elementi posati in opera al netto della piallatura e di altre lavorazioni.**

Tutte le giunzioni dei legnami debbono avere la forma e le dimensioni prescritte, ed essere nette e precise in modo da ottenere un perfetto combaciamento dei pezzi che devono essere uniti.

Prima della fornitura delle strutture l'appaltatore dovrà fornire, a sua cura e spese e con la firma del progettista e propria, in tempo utile per l'esame e la preventiva approvazione della D.L., le tavole "costruttive" delle opere lignee con indicazione della ferramenta e dei particolari di dettaglio delle giunzioni. Per la ferramenta "a vista" potrà essere richiesta la predisposizione di campionature.

Le diverse parti dei componenti un'opera in legname devono essere tra loro collegate solidamente mediante caviglie, tirafondi autopercoranti, chiodi ad aderenza migliorata, squadre, staffe di ferro, fasciature di reggia od altro, in conformità alle prescrizioni che saranno date.

Dovendosi impiegare chiodi per collegamento dei legnami, è espressamente vietato farne l'applicazione senza preforo.

I legnami prima della loro posizione in opera e prima dell'esecuzione della spalmatura di catrame o della coloritura, se ordinata, debbono essere congiunti in prova nei cantieri, per essere esaminati ed accettati provvisoriamente dalla D.L.

Tutte le parti dei legnami che rimangono incassate nella muratura devono, prima della posa in opera, essere convenientemente spalmate di catrame vegetale o di carbolineum e tenute, almeno lateralmente e posteriormente, isolate in modo da permettere la permanenza di uno strato di aria possibilmente ricambiabile.

L'impresa dovrà prevedere tutte le opere provvisorie necessarie a garantire la stabilità delle strutture in fase di montaggio. In particolare dovranno essere inseriti controventamenti provvisori in corrispondenza delle capriate fino all'avvenuto montaggio delle falde di copertura.

Nella sagomatura e nella posa in opera delle strutture l'impresa, in accordo con la D.L., dovrà adottare ogni possibile accorgimento volto ad evitare o comunque a limitare il ristagno e/o la penetrazione d'acqua e umidità sulle strutture direttamente o indirettamente esposte alle intemperie.

A tale riguardo si riportano alcune regole di buona pratica, che dovranno essere prese a riferimento anche per le opere di restauro/sostituzione delle strutture lignee esistenti.

Nel caso in cui il legno fornito al cantiere già trattato debba essere sagomato e tagliato a misura in opera, l'impresa dovrà aver cura di ripassare la superficie di taglio con almeno due mani di prodotto protettivo, onde evitare possibili zone di innesco del degrado.

## **3.10 RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE STRUTTURE LIGNEE**

### **3.10.1 GENERALITÀ**

Prima di procedere a qualsiasi opera di consolidamento di strutture lignee, l'Appaltatore dovrà eseguire le seguenti lavorazioni che – salvo diversa indicazione – si intendono già comprese nei prezzi delle lavorazioni e che dovranno essere quindi eseguite senza maggior onere per il committente:

- pulizia accurata dell'elemento da consolidare che si effettuerà secondo le modalità prescritte dalla D.L (pulitura manuale con stracci e spazzole, aria compressa, bidone aspiratutto, evitando puliture troppo aggressive che comportino asportazione di materiale). Ove indicato dalla D.L. si potrà procedere alla eventuale scartavetratura, sabbiatura e/o pulizia con spazzole in acciaio;
- accertamento delle cause del degrado della struttura effettuato mediante analisi visiva, battitura, saggi eseguiti mediante perforazioni con punte da legno di ridotto diametro e/o altri metodi concordati con la D.L.;
- eventuale smontaggio di porzioni di muratura e di elementi (es. tavolati ecc..) che impediscono una completa indagine/ispezione degli elementi e la successiva esecuzione degli interventi;
- analisi dettagliata delle parti da asportare e da ripristinare;
- marchiatura (con gesso e/o etichette rimovibili) degli elementi degradati, rilievo fotografico e predisposizione di una tavola di mappatura che verrà fornita alla D.L. per permettere una verifica preventiva prima dell'inizio degli interventi di consolidamento. Dovrà altresì essere cura dell'Appaltatore la verifica, e la successiva elaborazione e restituzione grafica, dell'essenza e della qualità di resistenza del legname (es. classificazione a vista secondo normative vigenti) e la rispondenza alle ipotesi di progetto;
- rimozione, su indicazione della D.L., delle parti lignee marcescenti al fine di valutare la sezione resistente residua, prevedendo ove necessario le puntellazioni provvisorie;
- puntellamento della struttura che grava sugli elementi da consolidare mediante il rivestimento dei carichi sulle parti sane o sulle murature adiacenti.

Gli interventi di progetto dovranno essere adattati all'effettivo stato di degrado.

Le opere di consolidamento previste dal progetto dovranno in ogni caso (e senza maggior onere per il Committente) essere completate da:

- trattamento antiruggine, di protezione e di finitura degli elementi metallici (es. grappe, staffe) esistenti;
- verifica ed integrazione delle chiodature esistenti tra le membrature mediante fornitura e posa in opera di viti autoperforanti, chiodi ad aderenza migliorata, bulloni, piastre in acciaio, cunei e biette in legno, nastri forati ed altri dispositivi come indicato dal progetto e concordato con la D.L.. Tutti i connettori (viti e bulloni) dovranno essere certificati in termini di resistenza meccanica e resistenza alla corrosione.
- la fasciatura di elementi fessurati e la eventuale messa in opera di tavoloni/spessori in legno .

Si intende a carico dell'impresa la verifica della resistenza del legname (es. classificazione a vista secondo normative vigenti) e la rispondenza alle ipotesi di progetto.

Le operazioni di indagine e consolidamento dovranno essere eseguite da maestranze con provata esperienza.

### **3.10.2 SOSTITUZIONE DI TRAVI IN LEGNO**

L'integrale sostituzione di travi in legno sarà da effettuarsi esclusivamente in caso di assoluta inconsistenza fisico-materico-strutturale della trave, o ad insindacabile giudizio della D.L..

L'Appaltatore dovrà preventivamente puntellare i travetti ed il tavolato posato sulle travi con più puntelli da collocarsi parallelamente alle travi.

Sopra ai puntelli in corrispondenza dell'intradosso dei travetti, si dovrà collocare un'architrave sulla quale verranno posti a contrasto i singoli travetti mediante chiodatura di biette in legno.

Nel caso in cui la puntellatura dovesse appoggiare sopra a un solaio non sufficientemente solido, si dovranno posizionare i puntelli in modo da gravare su elementi strutturali sufficientemente resistenti; nel caso in cui, ad insindacabile giudizio della D.L., il solaio sottostante non fosse in grado di offrire sufficienti garanzie di resistenza, sarà necessario scaricare i puntelli sulle murature perimetrali, o prolungarli e sovrapporli sino al solaio del piano inferiore.

L'Appaltatore dovrà altresì impiegare tavole in legno di idonea sezione posizionate alla base dei puntelli per una

migliore ripartizione dei carichi.

In ogni caso la trave liberata dalla muratura in corrispondenza degli appoggi, verrà sfilata intera e, solo dietro specifica autorizzazione della D.L. potrà essere tagliata.

La nuova trave dovrà corrispondere come materiale, essenza, qualità e dimensioni ai requisiti richiesti dagli elaborati di progetto. Dovrà essere messa in opera ripristinando compiutamente l'equilibrio strutturale preesistente.

A discrezione della D.L. e della Soprintendenza, potrà essere richiesta la mordenzatura delle travi di nuova fornitura per meglio adattare all'esistente.

### 3.10.3 SOSTITUZIONE DEL TAVOLATO ESISTENTE

L'operazione si effettuerà solo nel caso in cui il tavolato esistente non fosse più assolutamente in grado di fornire sufficienti garanzie statiche, e fosse eccessivamente marcescente.

Tale sostituzione potrà essere parziale prevedendo il riutilizzo delle tavole esistenti recuperabili.

L'Appaltatore effettuerà preventivamente tutte quelle opere di puntellatura e/o di rafforzamento degli elementi della struttura in modo da poter effettuare le opere di demolizione e di rimozione secondo le norme contenute nel presente capitolato. Dovrà utilizzare per la sostituzione del tavolato esistente tavole in legno la cui essenza sarà quella prescritta dagli elaborati di progetto e le cui caratteristiche tecniche saranno conformi a quelle del presente capitolato.

Le tavole, poste in opera a giunti sfalsati, salvo diverse indicazioni di progetto, dovranno avere uno spessore non inferiore a 30 mm, larghezza non inferiore a 20 cm ed essere rifilate, intestate e collegate alla struttura mediante viti autoperforanti (o altro dispositivo indicato dal progetto e dalla D.L.). In presenza di carichi concentrati agenti su tavolati singoli dovranno in generale essere utilizzate tavole con incastro maschio/femmina in alternativa ad opportuni sistemi di ripartizione dei carichi.

Il tavolato così realizzato, se richiesto, dovrà essere connesso alle murature adiacenti secondo le modalità indicate dal presente capitolato.

Tali indicazioni valgono anche per nuovi tavolati.

### 3.10.4 COLLEGAMENTO DELLE TRAVI ALLE MURATURE PERIMETRALI

Secondo le indicazioni di progetto e della D.L. le travi potranno essere collegate alle murature perimetrali tramite barre in acciaio inox inghisate nelle murature stesse collegate con saldatura a piastre in acciaio inox chiodate alle travi. I fori per l'alloggiamento delle barre dovranno essere aspirati o spolverati con scovolino prima del riempimento e richiusi perfettamente avendo cura di iniettare la resina o la malta del tipo prescritto fino al fondo del foro. Eventuali colature o sbavature dovranno essere rimosse e pulite in modo da non macchiare o rovinare le strutture circostanti.

### 3.10.5 RIPRISTINO DI STRUTTURA IN LEGNO MEDIANTE LA RICOSTRUZIONE DELLA PARTE DEGRADATA

L'impresa è tenuta a verificare preliminarmente lo stato di consistenza fisico materica del manufatto, così pure la sua effettiva efficienza statica, prima di effettuare qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante.

Si cercherà sempre primariamente di intervenire con metodi leggeri che impieghino il legno in prima istanza, utilizzando le tradizionali tecniche di sostituzione tramite incalci della stessa essenza, o con nuove strutture di supporto quali mensole, puntoni e saette opportunamente incastrati, reggiati e/o chiodati alle travi esistenti. Specifiche indicazioni a proposito saranno fornite all'Appaltatore da specifici elaborati di progetto e dalla D.L.

Il tratto di trave sostituito potrà essere collegato alla parte sana mediante piastra in acciaio inox inserita a scomparsa entro intaglio e successivamente inghisata con resina epossidica strutturale.

In casi particolari, dietro specifica richiesta della D.L. o quando previsto dal progetto, si potranno ricostruire parti in legno mediante conglomerati di resina e protesi costituite da barre di acciaio o di resina poliestere rinforzata con fibre di vetro; la sezione e la distribuzione delle barre saranno quelle prescritte dagli elaborati di progetto od ordinate dalla D.L.

Previa puntellatura della struttura, l'Appaltatore dovrà provvedere alla rimozione, nelle zone al contorno, di parti di pavimentazioni, del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto, dei travetti di ripartizione e di parti della muratura che ammorsano la struttura. Dietro indicazioni della D.L. dovrà rimuovere le parti di legno eccessivamente marcescenti. Se espressamente richiesto, dovrà rimanere inalterata la sfoglia esterna del legno in modo da non

creare danni ad eventuali zone pregevoli decorate e/o intarsiate e per non interrompere il disegno delle fibre.

Si dovranno successivamente praticare nel legno sano dei fori aventi la profondità e l'inclinazione prescritte dagli elaborati di progetto. Le barre, inserite negli appositi distanziatori e ben centrate, andranno applicate all'interno dei fori preventivamente puliti da ogni residuo di perforazione tramite aspirazione e/o insufflaggio.

La parte di legno eccessivamente degradata e rimossa dovrà essere reintegrata con materiali dalle caratteristiche tecniche il più possibile simili a quelle del legno sano.

Si potranno utilizzare, solo dietro specifica autorizzazione della D.L., betoncini di resina il cui inerte sarà costituito da un composto ben amalgamato di trucioli di legno e farina, di canne e altre sostanze vegetali secche, assolutamente monde da impurità e compatibili con le resine.

Le casseforme lignee, il cui utilizzo e le cui dimensioni dovranno essere quelli prescritti dal progetto o richiesti dalla D.L., verranno trattate internamente con idonee sostanze disarmanti.

Il getto del betoncino si eseguirà conformemente alle indicazioni fornite dalla ditta produttrice e/o alle norme relative al confezionamento delle resine sintetiche del presente capitolato.

L'Appaltatore, se richiesto, dovrà iniettare contemporaneamente al getto paste fluide di resina o di altri composti analoghi.

Le casseforme andranno rimosse solo a presa avvenuta e la puntellatura potrà essere dismessa solo dopo la maturazione delle sostanze leganti.

### 3.10.6 RIPRISTINO E CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE RINFORZO CON ELEMENTI METALLICI

Se la trave dovesse risultare ammalorata superiormente in linea di massima potranno essere sufficienti i posizionamenti di incalmi in legno della stessa essenza opportunamente dimensionati. Per travi ammalorate inferiormente si dovrà prioritariamente verificare la rottura delle fibre tese esterne, per constatare l'eventuale innesto di meccanismi di rottura irreversibili.

Il consolidamento di una struttura lignea mediante l'utilizzo di elementi metallici di rinforzo (piastre, mensole, regge, bulloni, fazzoletti) potrà essere effettuato in genere solo quando non sarà realizzabile nessun altro tipo di sistema o quando gli elementi risulteranno ricoperti da controsoffitti. La realizzazione degli elementi metallici dovrà essere conforme alle indicazioni di progetto, previa autorizzazione specifica della D.L. in seguito alle verifiche (statiche e materiche) prioritariamente effettuate sul manufatto.

Gli elementi metallici dovranno essere preventivamente puliti, sgrassati, trattati con idonee sostanze antiruggine e forati in modo da permettere il collegamento con la trave.

### 3.10.7 CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE PROFILI METALLICI POSTI ALL'ESTRADOSSO

Operazioni di tipo estradossale su travi lignee saranno in linea di massima da evitarsi, prediligendo interventi all'intradosso come specificato nei successivi articoli. Nel caso in cui si dovessero necessariamente eseguire lavori di consolidamento all'estradosso, l'Appaltatore, dopo aver rimosso la pavimentazione ed il massetto di sottofondo, potrà eseguire i trattamenti preliminari previsti collocando in corrispondenza dell'estradosso delle travi, dei profilati metallici delle dimensioni stabilite dagli elaborati di progetto.

Realizzerà, quindi, i collegamenti tra la trave in legno e quella in ferro mediante apposite staffe e/o collegamenti metallici, preventivamente pulite, sgrassate e trattate con sostanze antiruggine, aventi passo e dimensione prescritti dagli elaborati di progetto.

Le staffe dovranno essere tirate in modo da trasmettere uniformemente il carico del solaio e della trave in legno sulle putrelle metalliche.

### 3.10.8 CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE PROFILI METALLICI POSTI ALL'INTRADOSSO

Fatte salve le prescrizioni di cui alle generalità, sarà possibile realizzare l'intervento esclusivamente su strutture lignee prive di pitturazioni, decori, intarsi o su travi nascoste da controsoffitti di cui si possano sostituire gli elementi.

L'Appaltatore dopo aver ricavato nella muratura gli alloggiamenti adatti alle teste dei profilati metallici di rinforzo, potrà collocare all'intradosso della struttura due putrelle delle dimensioni indicate dagli elaborati di progetto in aderenza ai lati delle travi previo trattamento protettivo del legno e del ferro.



In seguito si effettuerà il collegamento fra le putrelle e la trave tramite cravatte metalliche aventi il passo e la sezione stabiliti dagli elaborati di progetto. Nel caso in cui le putrelle ed i travetti della struttura non dovessero risultare ovunque in aderenza, dovranno essere predisposti ringrossi e spessori mediante biette di legno. La putrella potrà anche essere collocata direttamente sotto la trave lignea sempre secondo le indicazioni di progetto e della D.L. e le condizioni statiche di travi e solai. Potranno inoltre essere poste in opera putrelle rompi tratta disposte ortogonalmente alla trave lignea.

### 3.10.1 CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE ACCOPPIAMENTO DI TAVOLONI

L'intervento, da eseguirsi secondo le indicazioni di progetto e della D.L., comprenderà l'accoppiamento alle travi lignee esistenti di tavoloni in legno di classe di resistenza non inferiore a C24 secondo UNI EN 338 stagionato, trattato con antitarlo ed antimuffa e lavorato all'ascia e alla sega. Il tavolone, che potrà essere posto, a seconda delle esigenze e delle indicazioni di progetto, all'estradosso, all'intradosso o ai fianchi delle travi esistenti, dovrà essere reso con queste collaborante mediante l'inserimento di opportuni elementi di collegamento quali tirafondi, viti, bulloni, fasciature in acciaio inox o zincato, incollaggio.

Potrà essere richiesta la sagomatura - anche in opera - dei tavoloni per l'adattamento alle dimensioni e alle irregolarità delle travi esistenti.

Prima di procedere all'incollaggio, dovrà essere eseguita l'accurata pulizia e la preparazione della superficie di contatto.

Tale modalità di intervento – opportunamente semplificata secondo le indicazioni di progetto e della D.L. – potrà essere sfruttata, all'occorrenza, anche come sistema di compenso/spessoramento dell'estradosso delle travi esistenti negli interventi di posa di un nuovo tavolato.

### 3.10.2 RIGENERAZIONE DI TESTATE DI TRAVI E NODI DI INCAVALLATURE

L'intervento verrà eseguito allorché la testa di una trave risulti deteriorata in modo avanzato (tanto da compromettere la stabilità dell'intera unità strutturale con il rischio di coinvolgere, per l'azione che le strutture ausiliari esercitano, quelle adiacenti) e, pur non garantendo un adeguato appoggio, non si ritiene opportuno operare la sostituzione totale della struttura, sia per ragioni estetiche che conservative, sia economiche che logistiche (difficoltà della procedura di sostituzione). Prima di eseguire qualsiasi operazione sostitutiva e/o consolidante parziale o integrale, dovrà essere effettuata una scrupolosa campagna diagnostica del manufatto al fine di verificare lo stato conservativo della trave, e la sua reale efficienza statica.

Questa categoria di intervento può essere attuata con diverse tecnologie esecutive, con diversi gradi di reversibilità e compatibilità con le strutture esistenti.

#### 3.10.2.1 *Ricostruzione mediante protesi in legno*

La procedura si eseguirà generalmente dall'estradosso della trave; previa puntellatura della struttura, con ritti regolabili da cantiere eventualmente integrati da traversi e/o altre opere provvisorie, si rimuoveranno nelle zone limitrofe alla testa della trave le porzioni del pavimento o del manto di copertura con i relativi tavolati di supporto ed eventuali travetti o morali dell'orditura secondaria; infine si scoprirà la testa della trave liberandola dall'ammorsatura del muro. Si eseguirà, seguendo le indicazioni di progetto, un'accurata pulizia al fine di evidenziare la parte danneggiata e si asporteranno le parti deteriorate (marcescenti) del legno che, a giudizio della D.L., non potranno essere risanate; si ricorda che sarà esplicitamente vietato l'uso dell'accetta.

La creazione d'appropriate protesi in legno potrà essere eseguita seguendo diverse tecniche, in ogni caso l'obiettivo dell'intervento, oltre al ripristino dell'efficacia del collegamento esistente, sarà quello di mantenere, per quanto sarà possibile, l'articolazione e la duttilità originale del nodo. Il materiale ligneo, da mettere in opera per l'integrazione, dovrà essere d'eccellente qualità (anche superiore a quella del materiale originale), privo di difetti, a bassa umidità (non dovrà superare il 6-10 %); inoltre dovrà essere, se sarà possibile, della stessa specie legnosa o, altrimenti, di una specie altrettanto dura e durevole. Tutto il legname utilizzato dovrà essere preventivamente trattato con prodotti biocidi.

#### 3.10.2.2 *Protesi con legno lamellare "artigianale"*

L'operazione prevedrà la creazione di teste di travi o nodi di capriate tramite legno lamellare artigianale eseguito in cantiere mediante la posa in opera di tavolette (di norma della stessa specie legnosa e di uno spessore di circa 25 mm) attaccate gradualmente sul legno originario e tra loro. Tra queste fasce di legno sarà possibile inserire delle lamine in acciaio inossidabile 18/8 AISI 304L (in alternativa delle barre d'acciaio inossidabile filettate o ad aderenza migliorata) sigillate con adesivo epossidico a consistenza tissotropica (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a compressione 45-55 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a flessione 30-60 N/mm<sup>2</sup>, modulo elastico 4000 N/mm<sup>2</sup>). Questa tecnica presenterà il vantaggio di una possibile, quanto parziale reversibilità; di contro è una tecnica lenta e talvolta onerosa (è consigliabile che la procedura sia eseguita da manodopera specializzata) inoltre, normalmente, si rileva difficile aumentare i carichi d'esercizio mantenendo le sezioni originali.

### 3.10.2.3 *Protesi con guance*

L'intervento verrà realizzato mediante l'aggiunta di "guance" lignee, composte da tavole di legno duro o strisce di pannelli di compensato multistrato per usi strutturali sui bordi della struttura per tutta la luce della membratura o del nodo, eseguendo le connessioni nelle parti sane delle membrane.

La specie legnosa dovrà, preferibilmente, essere la stessa della membratura ma, se ciò non risultasse fattibile, si potrà optare per altra specie con accentuate caratteristiche meccaniche. Questa procedura verrà utilizzata, prevalentemente, per il rinforzo di strutture secondarie dove gli sforzi non avranno ordini di grandezza elevati e, presentando, sovente, sezioni non rigorosamente uguali per tutti gli elementi, l'eventuale lieve aumento di spessore potrà essere accettato; nel caso in cui la struttura sarà sottoposta anche a sforzi di torsione l'operazione sarà sconsigliata.

Queste lamine di compensato ligneo, messe in opera già forate (lunghezza minima 1,5-2 h membratura), dovranno essere incollate alla struttura originale mediante adesivo epossidico ed ancorate mediante barre filettate in acciaio inossidabile AISI 316L fermate con dadi ciechi (minimo  $\varnothing$  10 mm inghisato in  $\varnothing$  14 mm) o viti autofilettanti in acciaio inossidabile seguendo le indicazioni di progetto; talvolta potrà essere necessario mettere in opera anche cerchiature, in special modo in presenza di sezioni sottoposte a momento flettente (per maggiori specifiche sull'inserimento di cerchiature si rimanda all'articolo specifico).

Specifiche: nel caso in cui le guance saranno costituite da tavole di legno duro sarà necessario disporle in modo da contrastare il naturale ritiro del legno, pertanto se i dispositivi di collegamento saranno posti in vicinanza o direttamente agenti sui bordi, la tavola dovrà essere posta in modo che la concavità degli anelli di accrescimento sia rivolta verso l'interno così da contrastare l'imbarcamento; mentre se i collegamenti saranno posizionati in corrispondenza dell'asse longitudinale la disposizione sarà opposta ovverosia con gli anelli di accrescimento rivolti verso l'esterno.

Su autorizzazione della DL potranno essere impiegati anche elementi di collegamento in acciaio non inossidabile.

### 3.10.2.4 *Protesi con incalme e lame in acciaio*

L'intervento si baserà sulla tecnica dell'incalmo, ovverosia la sostituzione della parte degradata con una protesi di legno massiccio stagionato della stessa specie di quello originale, unita al moncone sano mediante una giuntura verticale da realizzarsi con profili ad incastro (ad es. a metà legno retto od obliquo, a dardo di Giove, a forchetta ecc.), sagomato seguendo le prescrizioni di progetto o specifiche delle D.L. (di norma la lunghezza dell'incastro varia dalle 2 alle 3 altezze della trave). Al fine di migliorare questa unione si potranno utilizzare delle appropriate cravatte metalliche o dei bulloni in acciaio inossidabile a sezione circolare e testa esagonale vincolati al legno con dado cieco e rondella in acciaio con diametro minimo 3,5  $\varnothing$  (con  $\varnothing$  = al diametro del bullone) e spessore di almeno 0,3  $\varnothing$  (in ogni caso non inferiore ai 4 mm). I bulloni dovranno essere stretti in modo tale che gli elementi siano ben serrati e, se sarà necessario, dovranno essere ulteriormente stretti quando il legno avrà raggiunto il suo contenuto di umidità di equilibrio. Il collegamento potrà essere realizzato mediante piastre in acciaio inox eventualmente inserite a scomparsa entro intagli e inghisate con resina epossidica strutturale.

Su autorizzazione della D.L. potranno essere utilizzate barre nervate B450C (FeB44K) in acciaio inossidabile per una lunghezza minima di ancoraggio di 300 mm. Queste barre verranno posizionate in altrettanti fori o scassi laterali (distanza minima tra centro della barra ed i bordi laterale, inferiore/superiore della sezione 2,5 x  $\varnothing$  = 35 mm) realizzati nella trave e nella protesi, tramite trapani o frese, vincolate alla struttura lignea tramite adesivo strutturale epossidico (caratteristiche meccaniche medie: resistenza a trazione 18-20 N/mm<sup>2</sup>, resistenza a compressione 45-55 N/mm<sup>2</sup>,

resistenza a flessione 30-60 N/mm<sup>2</sup>, modulo elastico 4000 N/mm<sup>2</sup>) ed, in caso di scassi laterali, saranno richiuse con un tassello in legno che, consentendo una finitura con pialletto, permetterà di raggiungere una buona risoluzione estetica.

Su autorizzazione della DL potranno essere impiegati anche elementi di collegamento in acciaio non inossidabile.

Dovrà essere assicurata una ottimale adesione al legno ed alla piastra metallica prevedendo tutti i necessari accorgimenti (es. sabbiatura e sgrassatura delle superfici metalliche; eventuale pretrattamento con resina epossidica e polvere di quarzo ecc.).

La lavorazione dovrà comprendere la preparazione e l'eventuale trattamento con adeguato primer delle superfici di incollaggio, le opere murarie, il trattamento antitarlo e antimuffa delle parti lignee di contatto tra l'esistente e la parte posta in opera in sostituzione di quella degradata.

Dovrà essere cura dell'Impresa eseguire tutte le operazioni e gli adattamenti atti a consentire il montaggio della protesi in presenza di ferramenta (es. chiodature e staffe di ancoraggio), compreso il mantenimento/ripristino delle ferramenta esistente ed relativo restauro con prodotti passivanti.

L'intervento dovrà essere eseguito nel pieno rispetto delle indicazioni di progetto e di quanto prescritto in corso d'opera dalla Direzione dei Lavori.

#### *3.10.2.5 Ricostruzione mediante betoncino epossidico ed elementi di rinforzo*

Questo tipo di intervento dovrà essere eseguito solo in caso di vera necessità e quando non si possa realmente intervenire con sistemi meno invasivi. L'intervento si effettuerà dall'estradosso della trave e seguirà le medesime procedure preliminari del precedente ad eccezione della possibilità, se espressamente richiesta dalla D.L., di lasciare uno strato superficiale di legno in modo da assumere la funzione di casseratura, almeno parziale, del successivo getto. Si praticeranno dei fori nel legno sano aventi profondità ed inclinazione dettate dal progetto; previa pulizia del foro mediante aspirazione dei trucioli si inseriranno, seguendo le indicazioni di progetto, le barre in acciaio inossidabile B450C (FeB44K) ad aderenza migliorata o filettate (ad es. 12 mm inghisato in 16 mm) o in vetroresina per una lunghezza minima indicata in progetto e si posizioneranno le eventuali staffe (di acciaio inossidabile) di completamento dell'armatura; infine si provvederà al getto riempitivo in conglomerato di resina epossidica normalmente caricato con inerti o fibre. Questo composto dovrà essere capace di trasmettere sforzi di taglio nell'ordine di grandezza di quelli sopportati dal legno massiccio (circa 2-3 N/mm<sup>2</sup>).

L'eventuale casseratura potrà essere rimossa solo a presa avvenuta (circa una settimana), mentre la puntellatura potrà essere dismessa previa ricostruzione della breccia e maturazione del getto.

#### 3.10.3 CONSOLIDAMENTO DI TRAVI MEDIANTE CERCHIATURE

La procedura si rivolgerà a strutture sottoposte a sollecitazioni non elevate interessate da rotture, deformazioni o in ogni caso fessurate, purché queste non siano attaccate da funghi insetti o altre patologie debilitanti i tessuti legnosi. Questa tecnica si baserà sul ricollegamento di porzioni distaccate attraverso l'operazione combinata di viti autofilettanti e di cerchiature metalliche. Sarà una procedura totalmente reversibile che non richiederà alcuno smontaggio dell'unità strutturale.

Previo puntellamento dell'unità strutturale si procederà all'immissione perpendicolare alla superficie di rottura (così da essere sollecitate, in prevalenza a taglio e trazione), delle viti autofilettanti (operazione da compiere a mano e con il sussidio di idonee dime lignee) in eventuali perfori eseguiti con trapano a sola rotazione munito di punta notevolmente più sottile del gambo della vite. L'uso del trapano potrà essere d'aiuto anche per sondare i tessuti legnosi, non si potrà, infatti, utilizzare questa procedura in presenza di rotture nette con tessuti legnosi affetti da attacchi biocidi (inconsistenza del legno). Le viti (minimo 6-8 mm) dovranno, preferibilmente, essere d'acciaio inossidabile (o in ottone) così da presentare, oltre alla resistenza alla corrosione, particolare proprietà di durezza del filetto e un'eccellente attitudine al taglio. La lunghezza sarà in rapporto alla sezione della struttura e seguirà le disposizioni di progetto, in ogni caso la parte liscia del gambo dovrà essere circa pari alla parte separata della trave più vicina alla testa della vite stessa.

La cerchiatura sarà composta, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, da due bracci piatti in acciaio inossidabile AISI 304L (uniti da viti di serraggio e di regolazione rivolte in basso per facilitare la regolazione) sagomati a sella (al fine di escludere sollecitazioni nocive sui bordi della struttura in fase di bloccaggio e di esercizio)

nelle parti (superiori ed inferiori) a contatto con la trave, ma con l'interposizione di idonei materiali (tavole di legno duro, strisce di compensato per usi strutturali ecc.) adatti a diffondere le tensioni ed evitare il contatto diretto tra acciaio e legno, sovente fonte di condense, a tal fine anche i bracci laterali saranno tenuti separati dal legno mediante interposizione di foglio in neoprene.

#### 3.10.4 TRATTAMENTO DI DISINFESTAZIONE DEL LEGNO

Salvo diversa indicazioni degli elaborati di progetto e della DL, si intende a carico dell'impresa l'effettuazione su tutte le strutture lignee del trattamento antitarlo ed antimuffa.

La difesa del legno da microrganismi e insetti di varia natura che lo attaccano alterandolo, richiederà interventi a vari livelli: l'eliminazione delle sostanze alterabili contenute nel legno, ovvero la difesa dello stesso con insetticidi che oltre a precludere la vita a microrganismi, funghi e insetti possono anche impedire, se oleosi, l'assorbimento non voluto di acqua dall'ambiente. All'eliminazione delle sostanze alterabili si può pervenire con il metodo della vaporizzazione, all'antisepsi con diversi procedimenti e prodotti.

I trattamenti antisettici del legname e le sostanze adatte ad una corretta disinfestazione dovranno in linea di massima seguire in tutto o in parte (ma senza pregiudicare il risultato finale), le seguenti fasi:

- il biocida dovrà colpire direttamente le larve e le crisalidi in modo da ucciderle;
- tutte le zone con superfici esposte dovranno essere trattate con insetticida e con biocidi fluidi ad alta penetrazione per creare una zona impregnata di veleno, attraverso la quale dovrà passare l'insetto xilofago per uscire in superficie;
- il trattamento superficiale dovrà lasciare uno strato di insetticida sulla superficie e in tutte le fessure del legno; gli insetti dannosi provenienti da altre zone saranno eliminati entrando in contatto con la zona trattata, le uova depositate in superficie si atrofizzeranno e/o saranno distrutte, mentre le larve che stanno nascendo moriranno prima di penetrare nel legno;
- tutti i legni che hanno subito un attacco in profondità deteriorando l'essenza, dovranno subire un intervento di consolidamento in conformità a quanto precedentemente esposto.

L'intervento di disinfestazione dovrà essere tale da eliminare gli agenti biologici negativi esistenti e prevenire eventuali infestazioni future.

Per i trattamenti curativi sarà necessario scegliere il periodo di maggiore attività dell'insetto e quello in cui si trova più vicino alla superficie, cioè il tempo che precede la ninfosi e il periodo di sfarfallamento: primavera e/o inizio estate.

Il preservante andrà applicato a spruzzo o a pennello, ripetendo il trattamento 2/3 volte consecutive per permettere all'insetto di penetrare nel legno il più profondamente possibile. Sarà bene evitare l'uso di prodotti in soluzione acquosa in quanto la capacità di penetrazione dipende dall'umidità del legno.

Qualora si prevedesse l'uso di tali insetticidi (presentando il vantaggio di essere inodori), sarà indispensabile bagnare abbondantemente il legno con acqua prima di ogni applicazione. Gli insetticidi sciolti in solvente organico saranno da preferirsi in quanto possiedono una maggiore capacità di penetrazione nel legno secco e attraverso un processo di diffusione capillare sanno distribuirsi nei tessuti legnosi, diffusamente e profondamente. Sarà necessario porre la massima attenzione ad eventuali effetti negativi causati dall'odore penetrante e sgradevole che alcune volte questi insetticidi emanano. Gli insetticidi consentiti dovranno essere sperimentati con successo dal Centro Nazionale del Legno di Firenze o da altri Centri di comprovata competenza, soddisfare a criteri di atossicità, stabilità alla luce e ai raggi UV nonché non produrre alterazioni cromatiche.

I prodotti utilizzabili per l'operazione di disinfestazione potranno essere:

#### Disinfestazione dal capricorno delle case e dall'*hesperophanes cineres*

Sarà consentito l'uso di curativi solubili in acqua solo in particolari condizioni; questi saranno a base di soluzioni di miscele di fluoruro di sodio dinitrofenolo e bicromati, poliborati di sodio.

In linea di massima potranno essere utilizzati prodotti a base di naftalina clorurata, pentaclorofenolo, tetraclorofenolo, paradichlorobenzolo, esaclorocicloesano, ossido tributilico di stagno.

#### Funghi

Il trattamento antimicotico prevederà l'uso di prodotti particolarmente efficaci anche contro gli insetti, si tratterà in generale di prodotti a base di fluoruri, composti di cromo ed arsenico, pentaclorofenolo ecc. Poiché è raro che un fungo abbia capacità di sviluppo con umidità inferiore al 22% e comunque valori di umidità del 12/14% escludono in modo assoluto qualsiasi pericolo, bisognerà, in ogni caso che l'intervento complessivo sulla fabbrica, garantisca che le strutture lignee in nessun momento successivo possano riassumere valori di umidità tali da permettere attacchi. Dopo aver effettuato l'intervento che garantisca l'eliminazione e/o la prevenzione da un anomalo livello di umidità, il legno infestato potrà essere eliminato ovvero bruciato, le fessure nella muratura penetrate dal fungo dovranno essere trattate col calore di adatto strumento; le precedenti operazioni andranno eseguite con la massima accuratezza e delicatezza e dovranno comunque essere evitati danni ai manufatti e/o materiali adiacenti. Potrebbe risultare necessario effettuare un intervento radicale mediante iniezioni di biocida sia nel legno che negli intonaci circostanti.

A tal proposito saranno usati iniettori del tipo già descritto per le impregnazioni con resina. In generale le sostanze antisettiche preferibili in quanto ad alto potere biocida e comunque non troppo evidenti dopo l'applicazione saranno:

- derivati dal catrame, quali il creosoto (olio di catrame), il carbolineum (olio pesante di catrame clorurato), xilamon (naftalina clorurata), emulsioni di creosoto in soluzioni alcaline o addizionate a composti ammoniacali di rame o zinco, i fenoli (dinitrofenolo, dinitrocresolo, penta e tetraclorofenolo, paradidlorobenzolo);
- composti degli alogeni, fluoruro di sodio e di potassio, fluorosilicato di magnesio e di zinco ecc. I composti di fluoro saranno particolarmente adatti nella lotta contro i funghi;
- derivati del boro (borace, tetraborato di sodio).

Potrebbe comunque essere utile l'uso di appropriate miscele dei predetti per ottenere un miglioramento complessivo delle proprietà biocide.

Saranno preferite miscele a base di composti di fluoro ovvero miscele di dinitrofenolo con fluoruro di sodio (proporzione 11:89) con aggiunta o meno di arsenico; miscele di fluoruri con sali arsenicati di sodio; miscele di arsenati e bicromati; naftolo in soluzione alcolica.

L'efficacia del procedimento di disinfestazione sarà comunque condizionata dalla sua accuratezza e soprattutto dalla reale estensione di tutta la superficie: i punti delicati saranno le sezioni di testa, le giunzioni, gli appoggi e in genere tutti quei punti dove la superficie è stata alterata per incastri, tratti di sega, buchi per chiodi; sarà indispensabile porre la massima attenzione affinché il trattamento coinvolga completamente i precedenti punti. In questi casi sarà comunque necessario agire nel seguente modo: si inserirà tra due superfici di contatto oppure sulle sezioni di testa una pasta al 50% da sale biocida (ad esempio utilizzando una miscela composta da fluoruri e sali arsenicati di sodio) e 50% d'acqua (il fabbisogno sarà 0,75 Kg di pasta per mq di superficie) e si ripasserà infine tutte le connessioni e/o sezioni di testa con la medesima soluzione salina.

L'operazione dovrà essere seguita dopo 2 anni da un intervento a spruzzo con gli stessi sali, intervento che andrà ripetuto dopo 5 anni dal primo.

### **3.11 RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DELLE COPERTURE LIGNEE**

Oltre alle indicazioni relative al consolidamento delle strutture lignee (vedi relativo paragrafo) si riportano le seguenti disposizioni.

#### **3.11.1 GENERALITÀ**

Per garantire l'integrità degli elementi componenti e il corretto svolgimento delle operazioni di recupero l'appaltatore dovrà prevedere:

- puntellamento e/o sbatacchiamento con appropriati ritzi regolabili da cantiere della struttura portante del tetto;
- rimozione dei canali di gronda delle canne fumarie, dei comignoli, delle antenne, delle scossaline e quant'altro sia presente sulla copertura;
- verifica della stabilità dei cornicioni e, nel caso siano direttamente connessi con la struttura del tetto, provvedere ad idonei puntellamenti;
- rimozione del manto di copertura ed accatastamento all'interno del cantiere od in altro luogo sicuro (in ogni caso non in modo da gravare sulla struttura dell'edificio);

- verifica di ogni singolo elemento che compone il manto di copertura (presenza di eventuali rotture e/o cricature, controllo delle sezioni resistenti) al fine di accertarne l'eventuale riutilizzabilità e, in tal caso, procedere con la rimozione dalla superficie di ogni genere di deposito (muschi, licheni ecc.) per mezzo di una pulitura manuale tramite bruschinaggio con spazzole di saggina e successiva battitura;
- marchiatura (con gesso e/o etichette rimovibili) degli elementi degradati, rilievo fotografico e predisposizione di una tavola di mappatura che verrà fornita alla D.L. per permettere una verifica preventiva prima dell'inizio degli interventi di consolidamento;
- totale o parziale (a seconda del tipo di intervento) rimozione del sottopiano (in pianelle o in tavolato) e della piccola orditura lignea compreso il disancoraggio dalla struttura primaria e loro, eventuale, accatastamento in luogo sicuro ed esterno alla struttura, facendo cura di selezionare gli elementi ancora efficienti e riutilizzabili ed effettuare eventuali interventi di pulitura che dovranno essere di tipo manuale con l'ausilio di spazzole di saggina. Nel caso in cui gli elementi si presentassero alterati (dipinti, trattati con materiali cerosi o vernici a smalto) e il progetto preveda il ripristino dello stato originale, occorrerà procedere alla loro sabbiatura con l'ausilio di appropriati apparecchi aeroabrasivi ricorrendo ad inerti indicati, nello specifico, dalla D.L.

### 3.11.2 COLLEGAMENTO TRA LE STRUTTURE DELLA COPERTURA E LA MURATURA

Particolare attenzione si dovrà porre nel valutare l'effettiva capacità meccanica delle murature d'imposta, sovente soggette ad infiltrazioni d'acqua, ad oscillazioni termiche (con conseguente disgregazione dei giunti di malta e degrado del materiale costituente l'apparecchio) e, appunto, alle sollecitazioni degli appoggi delle strutture lignee.

Per quanto detto sopra risulta, sovente, consigliabile "bonificare", ovvero consolidare preventivamente le murature sommitali mediante il ripristino dell'imposta con elementi di laterizio pieno ben apparecchiati con malta idraulica. Varianti di questa procedura sono trattate nell'articolo specifico sul consolidamento delle murature.

### 3.11.3 COLLEGAMENTO MEDIANTE CERCHIATURA DELL'EDIFICIO IN SOMMITÀ

#### 3.11.3.1 *Cordolatura mediante applicazione di materiali compositi (CFRP)*

Per la cerchiatura della muratura d'imposta del tetto e/o per il fissaggio di cornici sporgenti si potrà ricorrere all'applicazione di nastri di FRP (Fiber Reinforced Polymers): materiale composito costituito dall'unione di fibre (di carbonio, di vetro, aramidiche) continue ad altissime proprietà meccaniche a trazione ed una matrice polimerica (per es. resina epossidica bicomponente).

L'intervento prevede la cordolatura esterna mediante fasciatura (o wrapping) dell'apparecchio murario con nastri (larghezza variabile tra i 20 e i 30 cm con peso del tessuto variabile dai 230 g/m<sup>2</sup> ai 500 g/m<sup>2</sup>) costituiti da fibre unidirezionali previste dagli elaborati di progetto (fibre di carbonio, fibre aramidiche) combinate con i prescritti adesivi strutturali polimerici. Questo tipo di fasciatura presenta sia il vantaggio di collegare le murature ortogonali chiudendo la "scatola muraria" sia di assorbire le spinte orizzontali della copertura. I nastri saranno impregnati di resina epossidica seguendo il rapporto medio, se non diversamente specificato, di 50% fibra, 50% resina. Dal momento che gli spigoli vivi potranno comportare fenomeni di distacco e di esfoliazione dei nastri sarà opportuno, preventivamente, smussarli con un raggio minimo di 2 cm (maggiore sarà il raggio, migliore sarà la resistenza del sistema). A causa della scarsa resistenza della resina agli agenti atmosferici sarà necessario proteggere la zona di intervento con appropriati teli di plastica od altri tipi di barriere, sia durante le fasi di lavoro sia dopo aver completato la procedura (almeno 24 ore e comunque fino a quando il "materiale composito" non abbia completato la fase di indurimento).

Nel caso di apparecchi murari, fasciati con FRP, ed esposti direttamente alle radiazioni solari si procederà all'applicazione di un'adeguata pellicola a base di elastomeri poliuretanici (lavorabilità a 20°C 60 min, temperatura minima di applicazione 5°C, resistenza a trazione diretta  $\geq 8$  MPa, allungamento a rottura 100-200%, indurimento al tatto a 20°C 24 h) che presenti sia buone caratteristiche elastiche sia resistenza all'azione degli agenti atmosferici. Questa protezione (disponibile in diversi colori) potrà essere messa in opera solo dopo che risulterà completata la fase di indurimento iniziale della seconda mano di adesivo epossidico. Nel caso in cui il progetto preveda di lasciare a vista la cerchiatura sommitale si provvederà a scegliere, per la protezione, un tono di colore non troppo discordante dalle tonalità circostanti.

Nel caso di interventi su apparecchi da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'arriccio, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo o di rete portaintonaco. Le prescrizioni sulla procedura operativa seguiranno quelle previste all'articolo sul consolidamento di volte mediante materiali compositi.

#### 3.11.4 CONNESSIONE DI ELEMENTI LIGNEI MEDIANTE STAFFE E/O PIASTRE METALLICHE

Al fine di migliorare o creare collegamenti tra i vari elementi lignei costituenti l'orditura primaria e secondaria, e seguendo le necessità dettate dal progetto, si potranno posizionare delle piastrelle in lamierino zincato (sezione minima 2x40 mm) ancorate sull'intradosso delle orditure minori (per es. travicelli o mezzanelle) e in seguito ripiegate sulla superficie di appoggio di terzere o travi di colmo. Queste piastre saranno ancorate alle strutture lignee attraverso viti autofilettanti o chiodi ad a.m. (minimo 3  $\phi$  4 mm per ogni elemento). Se il progetto prevedrà il collegamento, in corrispondenza dell'orditura principale (tramite tavola di legno o piatto metallico), di tutti i travicelli non si renderà necessario collegarli tutti ma sarà sufficiente vincolarne uno su tre o quanti indicati in progetto; in caso contrario occorrerà effettuare l'intervento su tutta l'orditura minuta. I correnti potranno anche essere collegati all'orditura principale mediante vaschette metalliche zincate a doppio vano oppure attraverso angolari di lamiera di acciaio muniti eventualmente, di squadretta di irrigidimento; entrambi i dispositivi di ancoraggio saranno opportunamente fissati alle strutture lignee attraverso chiodi inox o viti autofilettanti.

In alternativa per collegare i travicelli inclinati di falda alla trave di colmo o i falsi puntoni agli arcarecci si potranno utilizzare delle staffe metalliche verticali ritorte sagomate a sella secondo i disegni di progetto, in ogni caso si renderà necessario anche il posizionamento di un piatto metallico zincato da collocare sull'estradosso dell'orditura e fissato a questa tramite tirafondi filettati zincati. Sarà sempre consigliabile (nei casi in cui si renderà possibile) realizzare il collegamento tra puntoni contrapposti, attraverso l'inserimento di doppio bullone in acciaio zincato a sezione circolare (minimo  $\phi$  14 mm su foro di  $\phi$  15 mm) e testa esagonale vincolato al legno con dado e rosetta in acciaio poggiata sul legno per tutta la sua superficie.

#### 3.11.5 IRRIGIDIMENTO E CONTROVENTATURA DELLE FALDE DI COPERTURA

##### 3.11.5.1 *Irrigidimento e controventatura mediante tavolato ligneo*

La procedura risulta realizzabile in tutte le coperture semplici nelle quali il piano di appoggio del manto di copertura si rilevi visibilmente deformato, in uno stato avanzato di degrado e male, o per niente, ancorato all'orditura sottostante. Tale intervento risulta di facile esecuzione (non richiede, infatti, manodopera specializzata), veloce ed a secco.

Dopo aver eseguito le operazioni preliminari di smontaggio della copertura si procederà alla eventuale regolarizzazione con tavole sagomate a spessore variabile, alla posa in opera del tavolato ligneo perfettamente stagionato (ad es. abete o larice), di spessore indicato dai disegni di progetto (comunque non inferiore a 25 mm) ed in funzione dell'interasse dei morali o correnti, piallato, fissato a perfetto contatto e posizionato ortogonalmente alla pendenza di falda.

Il tavolato, che, ove richiesto, presenterà una maschiettatura da entrambi i bordi, sarà ancorato alla sottostante struttura attraverso viti autofilettanti di acciaio o chiodi ad aderenza migliorata (minimo 4 mm inseriti con trapani per chiodature oppure manualmente) cominciando dalla linea di gronda e proseguendo, per corsi rigorosamente paralleli, fino a quella di colmo.

Le giunzioni delle tavole dovranno essere opportunamente sfalsate.

Si ricorda che tutto il legno che andrà posato in opera dovrà essere preventivamente trattato con prodotti fungicidi e/o tarlicidi (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo specifico).

In taluni casi potrà essere richiesta la realizzazione di un doppio tavolato incrociato in legno di abete o larice, impregnato, di classe di resistenza non inferiore a C24 secondo UNI EN 338. I due tavolati di spessore compreso tra 20 e 35 mm e comunque indicato dal progetto verranno posati a giunti sfalsati e collegati reciprocamente ed alle travi lignee sottostanti mediante viti e/o chiodi ad aderenza migliorata secondo le indicazioni del progetto esecutivo e le disposizioni della Direzione Lavori. In generale saranno da prevedere almeno due viti e/o chiodi ad aderenza migliorata per ogni incrocio con la sottostante orditura, per entrambi i livelli di tavolato. Si intende inclusa l'eventuale piallatura delle tavole; il trattamento con impregnante protettivo antitarlo ed antimuffa; gli eventuali oneri relativi alla

messa in opera di spessori in legno per compensare variazioni di livello delle travi di appoggio, il taglio, gli sfridi. Le giunzioni delle tavole dovranno essere opportunamente sfalsate.

### 3.11.5.2 *Irrigidimento e controventamento mediante croci di Sant'Andrea o nastri forati avvitati all'estradosso del tavolato*

La procedura risulterà adatta per le strutture di copertura allorché occorra aumentare l'indefornabilità del piano. L'intervento prevedrà il posizionamento di un "numero discreto" di controventature conformate a croce di Sant'Andrea (o altra configurazione secondo le indicazioni di progetto) costituite da strutture supplementari quali tiranti in acciaio o in legno, necessariamente dotati di meccanismi di regolazione progettati secondo le rispettive tecnologie. Nel caso frequente in cui i dispositivi non siano collocati su ogni campata, ma solo in alcune, sarà necessario associare a questo intervento quello di connessione tra le orditure e le strutture complementari.

Operativamente la procedura (per tiranti costituiti da piatti/barre in acciaio, di norma più adatti per leggerezza, modesto ingombro, misurato disturbo visivo e differenziazione totale dalla struttura originale) prevedrà la messa in opera di collari e staffe di ritenuta dove agganciare i tiranti costituiti (seguendo le prescrizioni di progetto) da cavi nudi o rivestiti e protetti da guaine isolanti (in ogni caso dovranno essere dotati di organi di regolazione, tipo tenditore a manicotto), o, più frequentemente da piatti o tondi, in acciaio di qualità non inferiore ad S275 zincato a caldo, di diametro non inferiore a 20 mm o comunque alle prescrizioni di progetto.

Di norma la controventatura di falda sarà applicata ai puntoni in corrispondenza degli appoggi, in corrispondenza dell'incrocio con gli arcarecci ed in sommità; oppure, nel caso di controventatura costituita da piatti in acciaio, potrà essere ancorata direttamente alla muratura d'ambito. I tiranti, saranno fissati a piastre d'ancoraggio, preventivamente collegate alla muratura con tirafondi filettati AISI 316L (minimo  $\varnothing$  12 mm), preferibilmente mediante bullonatura.

In alternativa ai piatti metallici potranno essere utilizzate tavole di legno (ad es. faggio o larice), perfettamente stagionate, di spessore minimo 25 mm da fermare all'intradosso dell'orditura con viti autofilettanti d'acciaio inossidabile (minimo f 4 mm).

Ove previsto dal progetto e/o indicato dalla D.L. il controventamento verrà ottenuto attraverso la messa in opera di nastri forati in acciaio inox o zincato, secondo le indicazioni di progetto. Tali nastri, opportunamente pretensionati, verranno fissati con viti o chiodi ad a.m. curando in particolar modo le giunzioni di estremità (per le quali dovrà essere assicurato il numero minimo di connettori previsto dal produttore del nastro al fine di garantire la necessaria portata). Le giunzioni intermedie che dovranno essere realizzate utilizzando appositi pezzi speciali dotati di tenditore o (in caso lo spessore non fosse sufficiente) mediante sovrapposizione. Nelle zone in cui il nastro è adossato ad elementi non portanti (es. pianelle in cotto) dovrà essere previsto, in corrispondenza delle zone di ancoraggio, l'inserimento di elementi in legno opportunamente collegati alle sottostanti strutture.

Potranno essere richiesti la preparazione e regolarizzazione del piano di posa, l'eventuale fresatura e piallatura locale del supporto per evitare variazioni di spessore, l'eventuale inserimento di blocchi/zeppe in legno fissate con tirafondi per permettere un adeguato collegamento nelle zone di estremità dei nastri, eventuali inghisaggi alle murature.

## 3.12 RESTAURO E CONSOLIDAMENTO DEI SOLAI LIGNEI

### 3.12.1 IRRIGIDIMENTO DI STRUTTURA PIANA MEDIANTE SOVRAPPOSIZIONE DI UN NUOVO TAVOLATO

Questo tipo di intervento è volto ad aumentare l'inerzia della struttura contenendo la freccia elastica realizzando in pratica delle travi a T.

L'Appaltatore, rimossa l'eventuale pavimentazione con il relativo sottofondo, eseguirà un accurato controllo dello stato di conservazione del tavolato preesistente integrando le parti deteriorate e chiodando quelle distaccate, previa accurata pulitura di tutto l'assito tramite impiego di aria compressa, stracci, scopinetti, bidone aspiratutto e trattamento finale con doppia mano di olio di lino cotto.

Sarà quindi collocato il nuovo tavolato dello spessore non inferiore ai 3 cm, eventualmente ammorsato a maschio e femmina, che sarà livellato e chiodato ortogonalmente a quello sottostante, mediante apposite linguette, tenoni o chiodi ad aderenza migliorata.



L'Appaltatore, demolito l'intonaco corrispondente alla sezione di contatto, dovrà ammorsare il tavolato ai muri perimetrali interponendovi cunei di legno duro o altri dispositivi ritenuti idonei dalla D.L.

### **3.13 STRUTTURE IN ACCIAIO**

#### **3.13.1 GENERALITÀ**

Le strutture in acciaio dovranno rispondere alle norme tecniche per le costruzioni, D.M. 17 gennaio 2018, e a tutte le norme UNI vigenti applicabili.

##### Controlli

I materiali impiegati nella costruzione di strutture in acciaio dovranno essere «qualificati»; la marcatura dovrà risultare leggibile ed il produttore dovrà accompagnare la fornitura con l'attestato di controllo e la dichiarazione che il prodotto è qualificato.

L'acciaio sarà lavorato in conformità a quanto prescritto dalla norma UNI EN 1090.

L'Appaltatore è tenuto ad avvisare la Direzione dei Lavori dell'arrivo nella sua officina dei materiali collaudati che saranno impiegati nella costruzione delle strutture in acciaio. L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti verbali di collaudo tecnologico, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori (rintracciabilità dei materiali).

In particolare, per ciascun manufatto composto con laminati, l'Appaltatore dovrà redigere una distinta contenente i seguenti dati:

- posizioni e marche d'officina costituenti il manufatto;
- numeri di placca e di colata dei laminati costituenti ciascuna posizione di marca e di officina;
- estremi di identificazione dei relativi documenti di collaudo;
- certificati di origine;
- certificati delle prove fatte eseguire in officina dalla Direzione dei Lavori dello stabilimento di produzione.

Per ciascuna opera singola o per il prototipo di ciascuna serie di opere potrà essere prescritto il premontaggio in officina o nel piazzale di preassemblaggio.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuno per accertare che i materiali impiegati siano quelli collaudati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

##### Disegni di officina

L'Appaltatore è tenuto a presentare, a sua cura e spese e con la firma del progettista e propria, prima della fornitura dei materiali e in tempo utile per l'esame e l'approvazione del Direttore dei Lavori i disegni costruttivi di officina delle strutture, nei quali, in conformità a quanto riportato negli elaborati forniti dal Progettista, dovranno essere completamente definiti tutti i dettagli di lavorazione, ed in particolare:

- i diametri e la disposizione dei chiodi e dei bulloni, nonché dei fori relativi;
- le coppie di serraggio dei bulloni ad alta resistenza;
- le classi di qualità delle saldature;
- il progetto e le tecnologie di esecuzione delle saldature (WPS, WPA) e specificatamente: le dimensioni dei cordoni, le caratteristiche dei procedimenti, le qualità degli elettrodi;
- gli schemi di montaggio e contrefrecce di officina;
- particolari costruttivi delle opere di fondazione e degli apparecchi di appoggio della struttura;
- la relazione di calcolo (comprensiva delle verifiche delle opere di fondazione e degli apparecchi di appoggio della struttura) in cui devono essere indicate le modalità di montaggio dell'opera e specificato il funzionamento statico della struttura nelle diverse fasi di montaggio.

Sui disegni costruttivi di officina dovranno essere inoltre riportate le distinte dei materiali nelle quali sarà specificato numero, qualità, tipo di lavorazione, grado di finitura, dimensioni e peso teorico di ciascun elemento costituente la struttura. L'Impresa dovrà, inoltre, far conoscere per iscritto, prima dell'approvvigionamento dei materiali da impiegare, la loro provenienza con riferimento alle distinte di cui sopra.

È facoltà della Direzione Lavori di sottoporre il progetto delle saldature e le loro tecnologie di esecuzione alla consulenza dell'Istituto Italiano della Saldatura o di altro Ente di sua fiducia.

La Direzione Lavori stabilirà il tipo e l'estensione dei controlli da eseguire sulle saldature, sia in corso d'opera che ad opera finita, in conformità a quanto stabilito dal D.M. in vigore e tenendo conto delle eventuali raccomandazioni dell'Ente di consulenza.

Consulenza e controlli saranno eseguiti dagli Istituti indicati dalla Direzione Lavori; i relativi oneri saranno a carico dell'Impresa.

#### Collaudo tecnologico dei materiali

Le prove sui materiali si svolgeranno presso i Laboratori Ufficiali indicati dalla Direzione dei Lavori.

L'entità dei lotti da sottoporre a collaudo, il numero e le modalità di prelievo dei campioni, saranno conformi dal DM 17/01/2018 e s.m.i.. La Direzione dei Lavori ha comunque la facoltà di prelevare in qualunque momento della lavorazione campioni di materiale da sottoporre a prova presso Laboratori di sua scelta per verificarne la rispondenza alle Norme di accettazione ed ai requisiti di progetto. Tutti gli oneri relativi prelievo ed al trasporto presso il laboratorio ufficiale sono a carico dell'Appaltatore.

#### 3.13.2 ELEMENTI STRUTTURALI IN ACCIAIO

L'Appaltatore dovrà comunicare per iscritto al D.L., prima dell'approvvigionamento, la provenienza dei materiali, in modo tale da consentire i controlli, anche nell'officina di lavorazione, secondo quanto prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018, dalle norme UNI e da altre norme eventualmente interessanti i materiali di progetto.

Il D.L. si riserva il diritto di far eseguire un premontaggio in officina per quelle strutture o parti di esse che riterrà opportuno, procedendo all'accettazione provvisoria dei materiali entro 10 giorni dalla comunicazione dell'Appaltatore di ultimazione dei vari elementi.

Prima del collaudo finale l'Appaltatore dovrà presentare una relazione dell'I.I.S (del R.I.N.A. o di altro laboratorio certificato) che accerti i controlli effettuati in corso d'opera sulle saldature e le relative modalità e strumentazioni.

Durante le varie fasi, dal carico, al trasporto, scarico, deposito, sollevamento, e montaggio, si dovrà avere la massima cura, affinché non vengano superati i valori di sollecitazione, sia generali, sia locali, indotti dalle varie operazioni rispetto a quelli verificati nel progetto per ciascuna singola fase, ad evitare deformazioni che possano complicare le operazioni finali di messa in opera. Particolari cautele saranno attuate ad evitare effetti deformativi dovuti al contatto delle funi e apparecchi di sollevamento. Le contrefrecce da applicare alle strutture a travata andranno eseguite secondo le tolleranze di progetto.

I fori che risultino disassati andranno alesati, e qualora il diametro del foro risulti superiore anche alla tolleranza fissata dalla normativa vigente, si avrà cura di impiegare un bullone di diametro superiore. Nei collegamenti in cui l'attrito contribuisce alla resistenza di calcolo dell'elemento strutturale si prescrive la sabbiatura a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione. Nelle unioni bullonate l'Appaltatore effettuerà un controllo di serraggio sul 10% del numero dei bulloni alla presenza del D.L.

L'impresa è tenuta ad eseguire lavorazioni in cantiere e smontaggi di pezzi per ulteriori lavorazioni in officina, allo scopo di adattare la struttura metallica alle irregolarità locali della struttura alla quale vanno collegate o addossate, secondo le modalità richieste in ogni specifica applicazione.

Nel caso di strutture realizzate con metalli di diversa qualità e/o addossate ad elementi metallici di diversa natura (es. accoppiamento struttura in acciaio ordinario/acciaio inox) l'impresa è tenuta ad adottare tutti gli accorgimenti (es. interposizione di materiale isolante ecc..) atti ad evitare la corrosione elettro-chimica.

L'Impresa dovrà attenersi alle seguenti disposizioni:

- il raddrizzamento e lo spianamento, quando necessari, devono essere fatti preferibilmente con dispositivi agenti per pressione.
- Possono essere usati i riscaldamenti (caldo), purché programmati in modo da evitare eccessive concentrazioni di tensioni residue e di deformazioni permanenti;
- è ammesso il taglio a ossigeno, purché regolare.
- i tagli irregolari devono essere ripassati con la smerigliatrice;
- negli affacciamenti non destinati alla trasmissione di forze possono essere tollerati giochi da mm 2 a mm 5 di ampiezza, secondo il maggiore o minore spessore del laminato;
- i pezzi destinati ad essere chiodati o bullonati in opera devono essere montati in modo da poter riprodurre nel montaggio definitivo le posizioni stesse che avevano in officina all'atto dell'esecuzione dei fori;
- non sono ammesse al montaggio in opera eccentricità, relative a fori corrispondenti, maggiori del gioco foro-chiodo (o bullone) previste da DM 17/01/2018 e s.m.i.. Entro tale limite è opportuna la regolarizzazione del foro con un utensile adatto;
- l'uso delle spine d'acciaio è ammesso, in corso di montaggio, esclusivamente per richiamare i pezzi nella giusta posizione;
- fori per chiodi e bulloni devono essere eseguiti col trapano, con assoluto divieto dell'uso della fiamma, e presentare superficie interna cilindrica liscia e priva di screpolature e cricche; per le giunzioni con bulloni (normali e ad alta resistenza) le eventuali sbavature sul perimetro del foro dovranno essere asportate mediante molatura locale;
- di regola, si dovranno impiegare bulloni sia normali che ad alta resistenza dei seguenti diametri:  $\varnothing =$  mm 12, 14, 16, 18, 20, 22, 24, 27, 30, 33;
- i bulloni ad alta resistenza non dovranno avere il gambo filettato per l'intera lunghezza; la lunghezza del tratto non filettato dovrà essere in generale maggiore di quella delle parti da serrare e si dovrà sempre far uso di rosette sotto la testa e sotto il dado; è tollerato che non più di mezza spira del filetto rimanga compresa nel foro;
- nelle unioni di strutture normali o ad attrito che a giudizio della Direzione dei Lavori potranno essere soggette a vibrazioni o ad inversioni di sforzo, dovranno essere sempre impiegati controdadi, anche nel caso di bulloni con viti 8.8 e 10.9.

### 3.13.2.1 Montaggio

L'Impresa sottoporrà al preventivo benestare della Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare, ferma restando la piena responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda l'esecuzione delle operazioni di montaggio, la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle.

Il sistema prescelto dovrà essere comunque atto a consentire la realizzazione della struttura in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

Nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Impresa è tenuta a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente fossero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per le sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, e tramvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprassuolo e di sottosuolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito e il montaggio delle strutture, si dovrà porre la massima cura per evitare che siano deformate o soprasollecitate.

Le parti a contatto con funi, catene ed altri organi di sollevamento dovranno essere opportunamente protette, tenuto conto tra l'altro che tutte le strutture, prima di essere trasferite a piè d'opera, devono essere trattate in officina con sabbatura ed una mano di primer. Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la contro-freccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

Nei collegamenti con bulloni si dovrà procedere alla alesatura di quei fori che non risultino centrati e nei quali i bulloni previsti in progetto non entrino liberamente.

Se il diametro del foro alesato risulta superiore al diametro nominale del bullone oltre la tolleranza prevista dal D.M. in vigore, si dovrà procedere alla sostituzione del bullone con uno di diametro superiore.

Le superfici di contatto al montaggio, nei collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza devono presentarsi pulite, prive di olio, vernice, scaglie di laminazione, macchie di grasso e sabbiate a metallo bianco non più di due ore prima dell'unione.

È ammesso il serraggio dei bulloni con chiave idraulica purché questo sia controllato con chiave dinamometrica, la cui taratura dovrà risultare da certificato rilasciato da Laboratorio Ufficiale in data non anteriore a tre mesi.

Per ogni unione con bulloni l'Impresa effettuerà, alla presenza della Direzione Lavori, un controllo di serraggio sul numero di bulloni indicato dalla Direzione Lavori e comunque non inferiore al 10% del totale ed in ogni caso su non meno di quattro; se anche un solo bullone non rispondesse alle prescrizioni di serraggio, il controllo dovrà essere esteso a tutti i bulloni.

Dopo il completamento della struttura e prima della esecuzione della prova di carico, l'Impresa dovrà effettuare la ripresa della coppia di serraggio di tutti i bulloni costituenti le unioni dandone preventiva comunicazione alla Direzione Lavori.

### 3.13.2.2 *Tolleranze dimensionali per elementi in carpenteria metallica*

Per le tolleranze dimensionali degli elementi strutturali in carpenteria metallica, dovranno essere rispettate in generale le prescrizioni della norma UNI 10462 "Elementi edilizi", del DM 17 gennaio 2018 e s.m.i., e della norma UNI EN 1993-1-1 "Progettazione delle strutture in acciaio":

### 3.13.3 UNIONI SALDATE

Le operazioni di saldatura dovranno essere eseguite in conformità con quanto disposto dal D.M. 17 gennaio 2018 e s.m.i..

Potranno essere impiegati i seguenti procedimenti:

- saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti;
- saldatura manuale ad arco con elettrodo infusibile sotto protezione di gas inerte (TIG o GTAW);
- saldatura automatica ad arco sommerso;
- saldatura automatica o semiautomatica sotto gas protettore (CO<sub>2</sub> o sue miscele).

#### 3.13.3.1 *Qualifica per esecuzione strutture saldate*

Il Costruttore delle strutture metalliche saldate dovrà avere una organizzazione tale da soddisfare i requisiti stabiliti dalla norma UNI EN ISO 3834-1:2006, in particolare:

- a) dovrà essere individuato da parte del Costruttore il Coordinatore delle attività di saldatura;
- b) le saldature dovranno essere eseguite secondo le linee guida stabilite nella norma EN 1011 parti 1 e 2.
- c) i procedimenti di saldatura dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN ISO 15614- 1:2008.
- d) per la certificazione dovranno essere eseguiti dei saggi rappresentativi delle varie soluzioni ricorrenti nel progetto ed in particolare per:
  - la totalità delle tipologie dei giunti tesi a completa penetrazione,
  - i giunti principali con cordoni d'angolo o a parziale penetrazione,
  - un giunto testa a testa per ogni tipologia prevista;
- e) i saldatori dovranno essere certificati, da un Ente Terzo, secondo UNI EN 287-1 per i procedimenti e le posizioni

di lavoro previste;

f) per la verifica delle caratteristiche meccaniche verranno prelevati campioni dai saggi di cui in d (la resilienza sui saggi sarà eseguita alla stessa temperatura prevista per il materiale base)

g) il Costruttore dovrà preparare e sottoporre alla D.L. le specifiche di saldatura dei principali giunti di produzione (WPS).

#### 3.13.3.2 *Materiali base*

a) il materiale base dovrà essere fornito con certificato secondo "D.M. 17 gennaio 2018" nella qualità e grado indicati sui disegni di progetto;

b) le lamiere dovranno essere controllate con ultrasuoni (UNI EN 10160 classe S3) nelle zone che si trovino in corrispondenza di giunti in croce o a T a piena penetrazione (100mm a cavallo dell'asse del giunto).

#### 3.13.3.3 *Elettrodi*

Per la saldatura manuale ad arco dovranno essere impiegati elettrodi omologati secondo UNI 5132, adatti al materiale base da saldare e con rivestimento basilico.

Per gli altri procedimenti di saldatura dovranno essere impiegati fili, flussi o gas e la tecnica esecutiva usati per le prove di qualifica del procedimento.

Gli elettrodi dovranno essere usati con il tipo di corrente (continua o alternata) e di polarità per cui sono stati omologati. Dovranno altresì essere adottate tutte le precauzioni prescritte dal produttore degli elettrodi con particolare riguardo alla conservazione all'asciutto ed, in genere, alla pre-essiccazione degli elettrodi a rivestimento basilico.

Il diametro dell'anima degli elettrodi rivestiti, per saldatura manuale, usati nella saldatura di un giunto, dovrà essere fissato in relazione allo spessore, al tipo di giunto ed alla posizione della passata nel giunto; in generale dovrà essere non maggiore di 5 mm. per saldature in piano e di 4 mm per saldature in verticale.

Le caratteristiche dei materiali di apporto (tensione di snervamento, tensione di rottura, allungamento a rottura e resilienza) dovranno, salvo casi particolari precisati dal progettista, essere equivalenti o migliori delle corrispondenti caratteristiche delle parti collegate.

#### 3.13.3.4 *Tecniche di esecuzione*

Devono essere adottate le sequenze di saldatura e le condizioni di vincolo più opportune, al fine di ridurre per quanto possibile le tensioni residue da saldatura, e facilitare le esecuzioni dei giunti saldati; devono essere osservate anche le prescrizioni che verranno stabilite per il preriscaldamento locale in relazione agli spessori, ai tipi di acciaio e alla temperatura ambiente durante la costruzione.

La superficie di ogni passata deve essere liberata dalla scoria prima che vengano effettuate le passate successive; egualmente la scoria deve essere localmente asportata in corrispondenza delle riprese di una medesima passata.

Nella saldatura manuale si deve evitare l'accensione degli elettrodi sulle lamiere accanto al giunto.

Le estremità dei cordoni di saldatura dei giunti di testa, nella saldatura automatica, semiautomatica e manuale, devono essere sempre fatte su talloni.

Nei giunti di testa ed in quelli a T a completa penetrazione effettuati con saldatura manuale, il vertice della saldatura deve essere sempre asportato, per la profondità richiesta per raggiungere il metallo perfettamente sano, a mezzo di scalpellatura, smerigliatura, o altro adeguato sistema prima di effettuare la saldatura dal lato opposto o la ripresa.

Qualora ciò non sia assolutamente possibile, si deve fare ricorso alla preparazione a V con piatto di sostegno.

La parte da saldare deve essere protetta dalle intemperie; in particolare, quando viene fatto uso di saldatura con protezione di gas dovranno essere adottati schermi efficaci di protezione contro il vento.

#### Preriscaldamento

In tutti i casi in cui lo spessore eccede certi limiti è necessario preriscaldare localmente la parte su cui si salda; la

temperatura deve essere adeguata al procedimento che si impiega e comunque risultare non inferiore a quanto precisato :

Spessore parti da unire t(mm) (somma di tutti gli spessori secondo schema)	Procedimento ad arco sommerso, saldatura sotto gas protettivo o con elettrodi basici
20 < t ≤ 40	20° C
40 < t ≤ 60	70° C
t > 60	100° C

Se la temperatura scende al di sotto di 5°C i pezzi dovranno essere preriscaldati comunque ad almeno 50°C.

Qualora sui pezzi siano presenti tracce di umidità deve comunque essere dato ad essi l'apporto di calore necessario per eliminarla.

#### Preparazione dei lembi

La preparazione dei lembi da saldare deve essere effettuata mediante macchina utensile, smerigliatrice od ossitaglio automatico e dovrà risultare regolare e ben liscia.

L'ossitaglio a mano può essere accettato solo se un'adeguata successiva ripassatura alla smerigliatrice avrà perfettamente regolarizzato l'asperità del taglio.

I lembi, al momento della saldatura devono essere esenti da incrostazioni, ruggine, scaglie, grassi, vernici, irregolarità locali ed umidità.

Nei giunti a T con cordoni d'angolo i pezzi devono essere posizionati a contatto; è tollerato un gioco massimo di 2 mm per spessori maggiori di 10 mm, da ridurre adeguatamente per spessori minori o per casi particolari.

Il disallineamento dei lembi deve essere non maggiore di 1/8 dello spessore con un massimo di 1.5 mm; nel caso di saldatura manuale ripresa al vertice, si può tollerare un disallineamento di entità doppia.

Qualora debbano essere realizzate unioni saldate su elementi di carpenteria precedentemente sottoposti a zincatura a caldo per immersione o verniciate, prima di procedere alla saldatura si dovrà avere cura di rimuovere lo strato di zincatura/verniciatura mediante abrasione superficiale (avendo cura di non ridurre la sezione resistente dei profili) e successiva pulizia.

#### *3.13.3.5 Giunti testa a testa non evidenziati nel progetto*

Giunti testa a testa non previsti a disegno dovranno essere preventivamente sottoposti alla approvazione del Progettista, realizzati a piena penetrazione, controllati al 100% visivamente, con magnetoscopia e radiografia; le posizioni saranno riportate sui disegni di officina.

#### *3.13.3.6 Prove sulle saldature*

Le saldature, sia in officina che in cantiere, saranno sottoposte a controlli non distruttivi finali per accertare la corrispondenza ai livelli di qualità stabiliti dal progettista sulla base delle norme applicate per la progettazione.

L'entità ed il tipo di tali controlli, distruttivi e non distruttivi, **in aggiunta a quello visivo al 100%**, saranno definiti dal Collaudatore e dal Direttore Lavori; per i cordoni ad angolo o giunti a parziale penetrazione si useranno metodi di superficie (ad es. esame con liquidi penetranti o con magnetoscopio), mentre per i giunti a piena penetrazione, si useranno metodi volumetrici e cioè raggi X o gamma o ultrasuoni per i giunti testa a testa e solo ultrasuoni per i giunti a T a piena penetrazione.

L'estensione delle indagini potrà essere estesa fino al 100% dello sviluppo dei cordoni di saldatura.

A livello puramente indicativo si riporta l'estensione prevista per i diversi tipi di controlli, pur rimanendo facoltà del Collaudatore e del Direttore dei Lavori di estendere i controlli anche oltre i limiti qui indicati:

- esame visivo: 100%;
- esame magnetoscopico: 20%;
- esame ultrasuoni per spessori >15mm: 20%;
- esame radiografico per spessori ≤ 15 mm: 5%.

Il costruttore potrà sottoporre alla Direzione Lavori, per la approvazione formale, varianti dei controlli di cui sopra purché preventivamente certificate da un Ente Terzo.

#### 3.13.3.7 Accettabilità dei difetti

- a) I criteri di accettabilità dei difetti sono riferiti alla UNI EN ISO 5817:2004 in funzione della tipologia di giunto;
- b) nel caso di presenza di difetti al di fuori dei criteri di accettabilità stabiliti, le saldature dovranno essere riprese secondo le procedure previste da una specifica di riparazione preparata dal Costruttore, certificata da Ente Terzo ed approvata dalla Direzione Lavori;
- c) le riparazioni saranno controllate al 100% con i metodi non distruttivi più adeguati ed inoltre i controlli non distruttivi saranno estesi per un metro da ogni parte del tratto che contiene il difetto oppure a due giunti analoghi nel caso di saldature di lunghezza inferiore ad un metro (le estensioni non verranno computate nella percentuale inizialmente prevista);
- d) nel caso di ulteriori difetti l'estensione dei controlli passerà al 100% del giunto (o dei giunti analoghi nel caso di giunti corti); in presenza di cricche o incollature l'estensione dei controlli passerà subito al 100%.

#### 3.13.4 UNIONI PER CONTATTO

Le superfici di contatto devono essere convenientemente piane e ortogonali all'asse delle membrature collegate (il massimo scostamento dal piano di riferimento è riportato alla variazione angolare massima  $\pm 10'$ ).

Le membrature senza flange di estremità devono avere le superfici di contatto lavorate con la pialla, la limatrice o la fresa, in modo da limitare gli scostamenti di cui sopra a  $\pm 2'$ .

Per le membrature munite di flange di estremità si devono distinguere i seguenti casi, per l'ottenimento delle tolleranze prescritte:

- per flange di spessore inferiore o uguale a 50 mm è sufficiente, se necessario, la spianatura alla pressa o con sistema equivalente;
- per flange di spessore compreso tra i 50 e i 100 mm è necessario procedere alla piallatura o alla fresatura delle superfici di appoggio.

#### 3.13.5 TIRANTI E FUNI

I sistemi di tirantatura realizzati con barre e/o funi dovranno essere realizzati in modo da garantire la portata prevista dal progetto. In particolare tutti i sistemi di collegamento (es. golfari, grilli, manicotti, morsetti ecc.) dovranno essere certificati per i carichi previsti.

La lunghezza effettiva della fune dovrà essere verificata in sito dall'impresa esecutrice dopo l'esecuzione dei tracciamenti. In caso di eventuali interferenze si intende compresa e compensata la messa in opera di idonei sistemi di deviazione della fune stessa e/o le eventuali opere murare e di aggiustamento richieste per permettere l'installazione della fune (es. adattamenti di gronde, scossaline, smontaggio e rimontaggio di elementi impiantistici ecc.).

I sistemi di bloccaggio verranno generalmente realizzati mediante manicotti a pressione in acciaio inox AISI 316 serrati con pressa oleodinamica portatile o, in alternativa, mediante redance e morsetti. In ogni caso il sistema dovrà garantire il raggiungimento della resistenza minima a rottura della fune senza portare sensibili riduzioni dell'efficienza della stessa.

Dovranno inoltre essere in generale previsti sistemi (es. manicotti tenditori, estremità filettate) che permettano la tesatura iniziale ed il controllo/registrazione periodica della tensione. Ove necessario la tesatura dovrà essere verificata con opportuno sistema (es. chiave dinamometrica, metodi dinamici ecc.).

I collegamenti di estremità dovranno garantire la corretta centratura del carico evitando eccentricità e/o inflessioni. Allo scopo dovranno essere opportunamente compensati eventuali fuori squadra mediante rosette/dadi sferici e/o adattando opportunamente le piastre di appoggio.

Per la realizzazione delle filettature di estremità sarà in generale da prevedere il procedimento mediante rullatura ottenuta con deformazione a freddo attraverso l'uso di rullatrici idrauliche, in ogni caso l'impresa dovrà verificare che la eventuale riduzione di sezione dovuta al filetto non comporti una eccessiva riduzione della resistenza del tirante stesso.

#### Attacchi con morsetti e redancia

Il numero dei morsetti da applicare dipenderà dal diametro e dalle caratteristiche della fune e dovrà garantire il carico previsto dal progetto. A titolo indicativo dovranno essere previsti almeno 3 morsetti per funi fino al diametro di 16 mm, 4 morsetti fino al diametro di 20 mm e 5 fino al diametro di 26 mm.

La distanza fra morsetto e morsetto deve essere generalmente pari a 6 volte il diametro della fune e il loro serraggio completo andrà effettuato dopo la messa in trazione della fune. La corretta coppia di serraggio dovrà essere applicata utilizzando una chiave dinamometrica.

#### 3.13.6 LAMIERE GRECATE

Le lamiere grecate dovranno essere messe in opera rispettando le sovrapposizioni laterali minime previste nella scheda del fabbricante e/o nelle tavole di progetto. Longitudinalmente le lamiere verranno accostate di testa senza sovrapposizione e fissate alla struttura metallica inferiore. Al fine di evitare la colatura della boiaccia di cemento in fase di getto dovranno essere sigillate tutte le giunzioni mediante nastro adesivo o altro dispositivo indicato dalla Direzione Lavori.

Le lamiere dovranno essere posizionate in opera, in conformità a quanto previsto nelle tavole di progetto e sulla base delle indicazioni fornite dalla Direzione dei Lavori, prive di danneggiamenti e perfettamente pulite prive di tracce di grassi e/o olii. Le lamiere che non rispetteranno tali requisiti dovranno essere sostituite a spese e cura dell'Appaltatore.

#### 3.13.7 GRIGLIE PEDONABILI

Saranno in pannelli costituiti da longherine portanti e distanziali in acciaio zincato a caldo, aventi sezione come indicato nei disegni di progetto e dovranno essere conformi a quanto previsto nelle presenti Norme Tecniche.

#### 3.13.8 VERNICIATURE

Tutte le strutture in acciaio andranno protette contro la corrosione mediante un ciclo di verniciatura, previa spazzolatura meccanica o sabbiatura di tutte le superfici, fino ad eliminazione di tutte le parti ossidate. Un ciclo di verniciatura sarà costituito da un minimo di tre strati di prodotti vernicianti mono o bicomponenti indurenti per filmazione chimica e filmazione fisica.

Particolare cura dovrà essere posta nel trattamento delle superfici in corrispondenza delle giunzioni ad attrito per impedire qualsiasi infiltrazione all'interno dei giunti.

Non saranno accettati prodotti vernicianti che non siano rispondenti alle caratteristiche ed ai requisiti prescritti, restando a totale ed esclusivo carico dell'Impresa l'asportazione e la sostituzione di verniciature che non risultassero idonee.

Le verniciature dovranno essere eseguite in condizioni d'ambiente idonee alle caratteristiche dei prodotti impiegati.

Non si dovrà procedere ai trattamenti quando temperatura ed umidità dell'aria superano le soglie minima e massima proprie di ciascun prodotto.

Non si dovrà procedere all'applicazione di uno strato fino a che quello precedente non sia perfettamente essiccato.

Tutti gli strati dovranno essere protetti da pioggia o bagnatura in genere per un periodo minimo di 18 h dall'applicazione.

Gli strati dovranno avere tonalità di colore diverse per consentire il controllo della loro applicazione.

Per entrambi i cicli: quello per le superfici in vista e quello per le superfici interne, l'applicazione dovrà essere effettuata secondo lo schema che segue, salvo diverse disposizioni formalmente impartite dalla Direzione Lavori:

- in officina, a lavorazione ultimata:
  - o sabbiatura di tutte le superfici;



- applicazione dello strato di primer;
- in opera, ad avvenuto completamento del montaggio:
  - spazzolatura dei punti da ritoccare;
  - ritocchi sullo strato di primer;
  - applicazione dello strato intermedio;
  - applicazione dello strato di finitura.

### 3.13.9 ZINCATURA

Profilati, lamiera e tubi d'acciaio, di qualsiasi sezione, spessore o diametro, tanto in elementi singoli quanto assemblati in strutture composte, dovranno essere zincati per immersione in zinco fuso, nel rispetto delle prescrizioni della norma d'unificazione Progetto SS UNI E 14.07.000 (rivestimenti metallici protettivi applicati a caldo - rivestimenti di zinco ottenuti per immersione su oggetti diversi, fabbricati in materiale ferroso).

Per tutti i manufatti in lamiera zincata quali coperture, condotti, canali di gronda, converse, scossaline, compluvi, infissi, serrande, serbatoi per acqua e simili, se non altrimenti disposto dovranno essere impiegate lamiera zincate secondo il procedimento Sendzimir.

Lo strato di zincatura, inteso come massa di zinco, espressa in grammi al metro quadrato, presente complessivamente su ciascuna faccia della lamiera, se non diversamente specificato, non dovrà essere inferiore a:

- 190 g/m<sup>2</sup> per zincatura normale;
- 300 g/m<sup>2</sup> per zincatura pesante.

## 3.14 CONSOLIDAMENTO E CONSERVAZIONE DI STRUTTURE E MANUFATTI IN FERRO

### 3.14.1 GENERALITÀ

Prima di mettere in atto qualsiasi intervento di consolidamento di strutture in ferro, l'Appaltatore dovrà effettuare tutte quelle operazioni atte alla realizzazione dell'opera in regime di massima sicurezza tra le quali il puntellamento dell'intera struttura interessata o, ad esclusiva discrezione della D.L., solo delle zone in cui si andrà a realizzare il consolidamento.

Andranno quindi effettuate la demolizione e la rimozione manuale, delle limitrofe ai lavori al fine di scoprire le ali e le anime delle putrelle. Si opererà quindi la pulitura al metallo bianco delle putrelle con mola a smeriglio o con i sistemi indicati dalla D.L. al fine di eliminare qualsiasi residuo di malta e/o di ruggine, la successiva sgrassatura.

A questo punto si potrà effettuare la sostituzione parziale e totale degli elementi di alleggerimento ed il miglioramento del sistema di ancoraggio delle putrelle ai muri, come richiesto e specificato dagli elaborati di progetto.

### 3.14.2 SMONTAGGIO E RIMONTAGGIO DI MANUFATTI METALLICI ANTICHI

#### 3.14.2.1 *Smontaggio*

Prima di ogni smontaggio i manufatti e le singole parti dovranno essere muniti di cartellini non deperibili in genere costituiti da piccoli rettangoli in lamierino di ferro punzonati con lettere e/o numeri, forati e fissati al manufatto con filo di ferro.

Dovranno essere documentati fotograficamente gli attacchi e le posizioni originarie.

Questa fase può creare danni al manufatto ma soprattutto alla zona di ancoraggio la quale, per la natura dei sistemi usati in origine ed il degrado del ferro potrebbe già essere lesionata, si dovranno quindi recuperare tutti i pezzi che dovessero staccarsi durante l'operazione.

I tagli indiscriminati con "flessibile" vanno evitati nel modo più assoluto ricorrendovi solo in casi in cui non esista alternativa valida e definendo a priori come ripristinare la parte tagliata rispettando l'estetica del manufatto.

Per una corretta esecuzione di questa operazione sono da seguire i seguenti accorgimenti.

### Elementi piombati

Uso del trapano elettrico (senza battente) con punte per forare i metalli di misura adeguata, unito all'uso di piccoli scalpelli affilati a dovere per scalzare la piombatura. Il piombo va forato e consumato con le punte da trapano e la rimanenza tagliata di volta in volta con gli scalpelli. Nei casi in cui risultasse impossibile tale operazione (soprattutto nel caso di zanche di inferriate) si potrà procedere al taglio delle zanche ponendo particolare attenzione a non rovinare il paramento murario e/o vetrate presenti nelle vicinanze specie nei casi in cui si faccia uso di smerigliatrice angolare con disco da taglio (mola). In questo caso particolare attenzione andrà posta nel proteggere le zone circostanti dalle scintille dovute al taglio, soprattutto i vetri di qualsiasi genere in quanto facili a danneggiarsi. In ogni caso la parte rimasta nel muro dovrà tassativamente essere tolta con i metodi descritti in precedenza, ripristinando la sede originaria per il rimontaggio.

Un ulteriore sistema per togliere le piombature è la fusione del piombo tramite il riscaldamento diretto con un cannello di piccole dimensioni ed usato con particolare attenzione nei casi in cui il punto di fissaggio non sia o troppo sensibile al calore o in zone a rischio di incendio.

### Elementi "cementati"

Uso di trapano elettrico con punte a forare e scalpelli di misure adeguate. Il cemento va indebolito con una serie di piccoli fori uno a fianco all'altro e scalpellato con scalpelli di piccole dimensioni al fine di non ingrandire inutilmente il foro originale.

### Elementi avvitati a zanche cementate o piombate

In casi in cui i manufatti siano resi solidali alle zanche di fissaggio con viti o chiodature è consigliabile lo smontaggio dapprima del manufatto e poi delle zanche con i metodi descritti in precedenza. Per le viti ed i bulloni è consigliabile bagnarli abbondantemente (anche con alcuni giorni di anticipo) con apposito "sbloccante", se ciò non fosse sufficiente si dovrà passare al taglio per i bulloni (tenendo conto delle raccomandazioni fatte sopra) ed alla trapanatura per le viti previo accurato centraggio del foro. In ogni caso si dovranno rispettare al massimo le zone di unione evitando tagli indiscriminati.

### Ulteriori indicazioni

Nei casi di rigonfiamenti di sormonti provocati dalle ossidazioni in cui risulta possibile uno smontaggio delle singole parti è consigliabile procedere alla individuazione delle chiodature ed alla loro eliminazione tramite trapanatura o taglio, sempre ponendo attenzione alla superficie originale, i pezzi smontati potranno quindi venir raddrizzati se deformati, puliti e trattati con convertitori ed antiruggine anche nelle parti normalmente nascoste. Il riassetto dovrà avvenire con le tecniche originali e possibilmente con la mano di antiruggine non completamente asciutta per favorire al massimo la sigillatura degli interstizi.

Alcune parti sono smontabili per loro natura tramite viti che presentano però passi e misure in pollici anziché nel sistema metrico. Particolare attenzione va posta al momento dello smontaggio per cercare di recuperare il più possibile. Qualora se ne rendesse necessaria la sostituzione, non trovando il modo di ricostruire il filetto o sostituire la vite, si dovrà riflettere sullo stesso foro con il diametro maggiore più prossimo all'originale. Si dovrà porre la massima attenzione alle viti a testa bombata in quanto utilizzate quasi sempre con intento estetico, pertanto la loro sostituzione deve essere fatta con viti aventi la stessa forma.

Eventuali tenoni spezzati vanno ripristinati inserendo nella barra al posto dell'originale un prigioniero filettato e ribattendolo come da originale.

Sono tassativamente vietate le saldature elettriche per fermare parti altrimenti chiodate ed avvitate. Il ripristino delle tecniche esecutive originali è l'unica garanzia di un lavoro fatto a regola d'arte sia sotto il profilo delle teorie del restauro che sotto il profilo tecnico.

Qualora si rendessero necessarie saldature di elementi spezzati o riporti di materiale in zone soggette ad usura o a corrosione eccessiva, è consigliabile l'uso del sistema TIG con riporto di ferro per saldature autogene. In alternativa si possono usare elettrodi.

Eventuali integrazioni con elementi mancanti o sostituzioni obbligate vanno fatte con l'uso delle stesse tecniche

esecutive dell'originale ove possibile. Se la particolarità degli elementi e l'unicità del disegno rende di difficile ricostruzione le parti mancanti l'alternativa è l'uso di resine epossidiche colate in stampi ricavati direttamente da altri elementi simili. Nel caso esistano necessità strutturali verrà valutato l'inserimento di anime in acciaio inossidabile.

### 3.14.2.2 *Rimontaggio di manufatti esistenti*

Il rimontaggio dei manufatti dovrà essere fatto con le metodologie originali salvo i casi in cui non possa venire studiato un sistema che permetta di migliorare gli interventi di manutenzione e a patto che l'integrità e l'estetica dei manufatti in questione non venga compromessa.

Nel riutilizzo delle viti originali in ferro, soprattutto per manufatti all'esterno, si raccomanda di ungere la filettatura con olio minerale e grafite prima del definitivo serraggio al fine di prevenire ossidazioni e favorire successivi smontaggi anche a lunga distanza di tempo.

Qualora siano necessari fissaggi con tasselli andranno utilizzate tassativamente viti in acciaio inossidabile e tasselli in ottone o materiale plastico. In tutti i casi in cui i tasselli tradizionali dovessero rivelarsi inadatti per le condizioni del paramento murario si dovranno utilizzare apposite bussole filettate inossidabili fissate con resine compatibili con il tipo di supporto. In questi casi vanno evitate situazioni in cui la resina rimanga visibile ed esposta alla luce così da evitare antiestetici ingiallimenti. La soluzione con le bussole filettate inoltre è da preferirsi in tutti i casi in cui non si possano sottoporre il muro o la pietra alle pressioni costanti esercitate dai tasselli.

In tutti i casi andranno tenuti in debita considerazione l'estetica del fissaggio ed il rispetto del supporto murario, specie se pietra o cemento con finiture non facilmente ricostruibili. L'uso di trapani battenti va limitato ed applicato con particolare cautela. In alternativa sono da preferirsi punte in widia con affilatura per trapani senza battente.

Le piombature dovranno farsi con la pietra bene asciutta e con temperature ambientali al di sopra dei 15°C al fine di evitare bruschi sbalzi termici. Il foro dovrà essere ben pulito e con sufficiente sottosquadra. Nei casi in cui si debba preventivamente inzeppare l'elemento da piombare si dovranno utilizzare cunei in acciaio inossidabile preparati alla bisogna.

Per la ferramenta di porte e finestre particolare attenzione andrà posta al tipo di viti utilizzate ed al loro colore, quindi l'uso di viteria conforme all'originale è raccomandabile. Anche le parti originariamente fissate con chiodi andranno rimontate con la stessa tecnica e l'uso di chiodi di fabbricazione conforme agli originali.

## 3.15 CONGLOMERATI CEMENTIZI O A BASE DI CALCE SEMPLICI E ARMATI

### 3.15.1 GENERALITÀ

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato o precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme contenute nel D.M. 17 gennaio 2018, Norma tecniche per le costruzioni, e alle norme UNI applicabili vigenti.

Per le opere in zona sismica l'Appaltatore dovrà attenersi alle prescrizioni di cui al DM 17 gennaio 2018 ed alle norme tecniche vigenti in esso previste.

Tutte le opere in cemento armato facenti parte dell'opera appaltata saranno eseguite in base ai calcoli di progetto, secondo le indicazioni delle tavole grafiche ad esso allegate e secondo le indicazioni della D.L.

L'esame e la verifica da parte della Direzione dei Lavori dei progetti delle varie strutture in cemento armato non esonerano in alcun modo l'appaltatore dalle responsabilità a lui derivanti per legge e per le precise pattuizioni del contratto, restando contrattualmente stabilito che, malgrado i controlli di ogni genere eseguiti dalla D.L. nell'esclusivo interesse dell'Amministrazione, l'Appaltatore stesso rimane unico e completo responsabile delle opere per la qualità dei materiali e la loro esecuzione; di conseguenza egli dovrà rispondere degli inconvenienti che avessero a verificarsi, di qualunque natura, importanza e conseguenza essi potessero risultare.

In generale tutti i materiali da impiegare dovranno essere rispondenti a quanto prescritto nel presente Capitolato, alle relative Voci di Elenco Prezzi, a quanto verrà eventualmente ordinato dalla Direzione dei Lavori nonché alle Norme di seguito riportate relativamente a prove ed accettazione dei materiali.

Si dovranno rispettare le prescrizioni riportate sui disegni. In particolare in funzione dell'elemento strutturale si troverà

specificato sui disegni quanto segue:

- Classe di resistenza a compressione minima;
- Classi di esposizione ambientale;
- Classe di consistenza al getto;
- Diametro massimo dell'aggregato.

Il rapporto acqua cemento massimo in funzione della classe di esposizione e di resistenza dovrà rispettare quanto indicato sulla norma UNI 11104.

In ogni caso, prima di procedere all'esecuzione dei getti l'Appaltatore è tenuto a presentare il Mix design della miscela che intende utilizzare oltre ad uno studio, eseguito presso un laboratorio ufficiale e/o autorizzato, per dimostrare che il conglomerato proposto avrà una resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Tale relazione dovrà anche riportare natura, qualità, diametro max e provenienza degli inerti, tipo e dosaggio di cemento, rapporto acqua-cemento, tipo e dosaggio di eventuali additivi, tipo di impianto di confezionamento, sistemi di trasporto, getto e maturazione.

L'esame, la verifica e l'approvazione da parte della Direzione dei Lavori dei certificati degli studi preliminari di qualificazione non esonera in alcun modo l'Appaltatore dall'obbligo di fornire un materiale conforme a tutte le prescrizioni di progetto e di Capitolato.

Le caratteristiche dei materiali da impiegare e la composizione e modalità di confezionamento dei vari tipi di conglomerati approvati dalla Direzione dei Lavori, restano vincolanti per l'esecuzione di tutte le opere, e non possono essere in alcun modo cambiate senza l'ulteriore approvazione della Direzione dei Lavori stessa.

Si intendono inoltre parte integrante del presente capitolato, le indicazioni riportate nelle "Linee guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale e per la valutazione delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo indurito mediante prove non distruttive", emesse dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

### 3.15.2 CONTROLLI SUL CONGLOMERATO

La Direzione dei Lavori eseguirà controlli periodici in corso d'opera per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica.

#### *3.15.2.1 Valutazione preliminare della resistenza*

Se il calcestruzzo proviene da impianto industrializzato, l'Appaltatore sarà tenuto a richiedere copia del certificato FPC (sistema permanente di controllo interno della produzione).

Se il calcestruzzo è prodotto da impianto temporaneo di cantiere non industrializzato, il costruttore, prima dell'inizio dei lavori, dovrà effettuare idonee prove preliminari di studio per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Il costruttore dovrà altresì far avere alla Direzione dei Lavori, prima dell'inizio delle forniture, evidenza documentata dei criteri e delle prove che hanno portato alla determinazione della resistenza e di tutte le caratteristiche prescritte dal progettista per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo. Lo studio della miscela deve essere condotto sotto il controllo di un laboratorio autorizzato ai sensi del D.P.R. 380/01.

#### *3.15.2.2 Comunicazione preventiva alla fornitura / produzione in cantiere di calcestruzzo*

Sia che il calcestruzzo provenga da impianto industrializzato, sia che prodotto con impianto di cantiere, l'Appaltatore (o l'impianto stesso) sarà tenuto a trasmettere preventivamente (almeno 2 giorni prima) al Direttore Lavori le caratteristiche (almeno Rck, slump, classe di esposizione, diametro massimo inerte, tipo di cemento, ecc.) e le quantità del calcestruzzo che verrà impiegato per il getto, oltre ad indicare quali elementi verranno realizzati.

#### *3.15.2.3 Controlli di accettazione*

La Direzione dei Lavori eseguirà i controlli di accettazione, secondo le modalità e la frequenza indicate dalle Norme Tecniche di cui al DM 14/01/2018 e s.m.i..

### 3.15.3 CONFEZIONE DELL'IMPASTO

In accordo con il DM 17 gennaio 2018, il calcestruzzo dovrà essere prodotto con processo industrializzato e fornito da impianti certificati con FPC (sistema permanente di controllo interno della produzione).

Nel caso in cui l'Appaltatore intendesse impiegare calcestruzzo prodotto da impianto temporaneo di cantiere non industrializzato, dovrà preventivamente ottenere l'autorizzazione della Direzione dei Lavori, la quale ad insindacabile discrezione potrà consentire o meno il confezionamento in cantiere del calcestruzzo.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli inerti, dell'acqua, degli eventuali additivi e del cemento; la dosatura del cemento dovrà sempre essere realizzata con bilancia indipendente e di adeguato maggior grado di precisione.

La dosatura effettiva degli inerti dovrà essere realizzata con precisione del 3%; quella del cemento con precisione del 2%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi, tarate all'inizio del lavoro e, successivamente, almeno una volta all'anno.

Per l'acqua e gli additivi è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 2% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta al mese.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua e degli additivi dovranno essere di tipo individuale.

Le bilance per la pesatura degli inerti possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I sili del cemento debbono garantire la perfetta tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Gli impasti dovranno essere confezionati in betoniere aventi capacità tale da contenere tutti gli ingredienti della pesata senza debordare.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti di omogeneità di cui ai paragrafi precedenti.

Per quanto non specificato, si farà riferimento alle Linee Guida sul Calcestruzzo Preconfezionato elaborate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogenea, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi); lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

È vietato in ogni caso l'aggiunta di acqua in cantiere e in generale l'alterazione della miscela a piè d'opera.

La produzione ed il getto del calcestruzzo dovranno essere sospesi nel caso che la temperatura scenda al di sotto di 0°C (273 K), inoltre la temperatura del calcestruzzo al momento del getto non dovrà essere minore di 5°C salvo diverse disposizioni che la Direzione dei Lavori potrà dare, volta per volta, prescrivendo, in tal caso, le norme e gli accorgimenti cautelativi da adottare; per questo titolo l'Appaltatore non potrà avanzare richiesta alcuna di maggiori compensi.

### 3.15.4 TRASPORTO

Il trasporto dei calcestruzzi dall'impianto di betonaggio al luogo di impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del calcestruzzo medesimo.

L'intervallo di tempo tra la fine dell'impasto e la messa in opera non dovrà superare i 45 minuti quando la temperatura media dell'aria è superiore a 25°C ed i 60 minuti quando la temperatura è inferiore a 25°C.

Non saranno ammessi gli autocarri a cassone o gli scivoli. Saranno accettate, in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo ed eccezionalmente, i nastri trasportatori. Il calcestruzzo dovrà essere mantenuto in movimento durante il tempo di trasporto.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del calcestruzzo alla bocca d'uscita della pompa.

Qualora il trasporto del conglomerato avvenga mediante autobetoniera l'omogeneità dell'impasto sarà controllata, all'atto dello scarico, con la prova indicata ai paragrafi precedenti.

Sulla bolla di accompagnamento di ogni carico di calcestruzzo dovranno essere riportati i dati indicati nella UNI EN 206-1.

È facoltà della Direzione dei Lavori di rifiutare carichi di calcestruzzo non rispondenti ai requisiti prescritti.

### 3.15.5 POSA IN OPERA

I getti dovranno essere iniziati solo dopo la verifica delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori.

La posa in opera sarà eseguita con ogni cura ed a regola d'arte, dopo aver preparato accuratamente e rettificati i piani di posa, le casseforme, i cavi da riempire e dopo aver posto le armature metalliche.

I getti dovranno risultare perfettamente conformi ai particolari costruttivi di progetto ed alle prescrizioni della Direzione Lavori.

Si avrà cura che in nessun caso si verifichino cedimenti dei piani d'appoggio e delle pareti di contenimento.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Impresa provvederà, a sua cura e spese, alla posa d'opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

La Direzione Lavori eseguirà un controllo della quantità di disarmante impiegato in relazione allo sviluppo della superficie di casseforme trattate.

Dovrà essere controllato inoltre che il disarmante impiegato non macchi o danneggi la superficie del conglomerato.

A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Dal giornale lavori del cantiere dovrà risultare la data d'inizio e di fine dei getti e del disarmo.

Se il getto dovesse essere effettuato durante la stagione invernale, l'Impresa dovrà tenere registrati giornalmente i minimi di temperatura desunti da un apposito termometro esposto nello stesso cantiere di lavoro.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze.

Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di staggie vibranti o attrezzature equivalenti; la regolarità dei getti dovrà essere verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m, che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale; saranno tollerati soltanto scostamenti inferiori a 10 mm.

Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate dopo il disarmo mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta fine di cemento a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Impresa.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Impresa mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- - malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- - conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 0,5 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

La superficie finale del getto deve essere livellata (come indicato nelle tavole di progetto o ordinato dalla Direzione dei Lavori) in modo tale da:

- consentire il deflusso delle acque meteoriche;
- evitare in ogni punto ristagni d'acqua.

È poi prescritto che, dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri siano fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione.

A questo scopo il conglomerato dovrà cadere verticalmente al centro della cassaforma e sarà steso in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; è altresì vietato lasciar cadere dall'alto il conglomerato cementizio per un'altezza superiore ad un metro; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio.

Gli apparecchi, i tempi e le modalità per la vibrazione saranno quelli preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

L'Impresa dovrà porre particolare cura nella realizzazione dei giunti di dilatazione o contrazione di tipo impermeabile (waterstop), o giunti speciali aperti, a cunei, secondo le indicazioni di progetto.

Tra le successive riprese di getto non dovranno aversi distacchi o discontinuità o differenze d'aspetto e la ripresa potrà effettuarsi solo dopo che la superficie del getto precedente sia stata accuratamente pulita, lavata e spazzolata; gli eventuali giunti di costruzione saranno sigillati, così come previsto nelle presenti Norme Tecniche.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di prescrivere, ove e quando lo ritenga necessario, che i getti siano eseguiti senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa, anche se ciò comporta che il lavoro debba essere condotto a turni, durante le ore notturne ed anche in giornate festive, senza che all'Impresa non spetti nulla di più di quanto previsto contrattualmente.

In alternativa la Direzione Lavori potrà prescrivere l'adozione di riprese di getto di tipo monolitico.

Queste saranno realizzate mediante spruzzatura d'additivo ritardante sulla superficie del conglomerato cementizio fresco; dopo che la massa del conglomerato sarà indurita si provvederà all'eliminazione della malta superficiale non ancora rappresa, mediante getto d'acqua, ottenendo una superficie di ripresa scabra, sulla quale si potrà disporre all'atto della ripresa di getto una malta priva di ritiro immediatamente prima del nuovo getto di conglomerato cementizio.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi e ne pregiudichi la normale maturazione.

La temperatura del conglomerato cementizio all'atto del getto dovrà essere compresa tra 278 e 303 K.

### 3.15.6 CASSEFORME ED ARMATURE DI SOSTEGNO PER I GETTI

Per l'esecuzione di tali opere provvisoriale l'Appaltatore potrà adottare il sistema, i materiali ed i mezzi che riterrà più idonei o di sua convenienza, purché soddisfino alle condizioni di stabilità e di sicurezza, curando la perfetta riuscita dei particolari costruttivi. La Direzione dei Lavori potrà richiedere a tale scopo, qualora lo ritenesse opportuno, la relazione di calcolo della cassetta e della relativa struttura di sostegno.

In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di presentare preventivamente all'esame della Direzione dei Lavori il sistema che intende adottare.

L'Appaltatore è tenuto ad osservare, nella progettazione ed esecuzione di armature e centature, le norme ed i vincoli che fossero imposti da Enti e persone responsabili circa il rispetto della zona interessata dalla costruzione.

Le operazioni di disarmo saranno effettuate secondo le norme di legge ed in mancanza di queste, secondo le prescrizioni della Direzione dei Lavori.

Le casseforme potranno essere metalliche, di materiali fibrocompresi o compensati; in ogni caso esse dovranno avere dimensioni e spessori sufficienti ed essere opportunamente irrigidite o controventate per assicurare l'ottima riuscita delle superfici dei getti e delle strutture e la loro perfetta rispondenza ai disegni di progetto; le casseforme in legno dovranno essere eseguite con tavole a bordi paralleli e ben accostate, in modo che non abbiano a presentarsi, dopo il disarmo, sbavature o disuguaglianze sulle facce in vista del getto. In ogni caso l'Appaltatore avrà cura di trattare le casseforme, prima del getto, con idonei prodotti disarmanti ed il relativo onere sarà compreso e compensato nel prezzo di elenco delle casseforme.

### 3.15.7 VIBRAZIONE DEL CALCESTRUZZO

Il calcestruzzo, dopo essere stato posto in opera, dovrà essere costipato alla massima densità possibile mediante vibratori ad immersione o vibratori applicati alle casseforme. I vibratori applicati alle casseforme saranno limitati a getti di spessore limitato ed ad elementi prefabbricati quali i conci per il rivestimento della galleria principale.

La vibrazione per immersione dovrà essere eseguita immergendo il vibratore verticalmente. Il vibratore dovrà penetrare in ogni suo punto per almeno 10 cm nella parte superiore dello strato orizzontale di calcestruzzo gettato precedentemente, rivibrandolo.

In linea di massima la durata di vibrazione per metro cubo di calcestruzzo sarà compresa tra 2 e 3 minuti allorché eseguita con vibratore ad immersione avente diametro di 60-70 mm.

### 3.15.1 STAGIONATURA E DISARMO

#### 3.15.1.1 *Prevenzione delle fessure da ritiro plastico*

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Impresa dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori.

A questo fine le superfici del conglomerato cementizio non protette dalle casseforme dovranno essere mantenute umide il più a lungo possibile e comunque per almeno 7 d, sia per mezzo di prodotti antievaporanti (curing), da applicare a spruzzo subito dopo il getto, sia mediante continua bagnatura, sia con altri sistemi idonei.

I prodotti antievaporanti (curing) ed il loro dosaggio dovranno essere approvati dalla Direzione Lavori.

Le loro caratteristiche dovranno essere conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656 : tipi 1 e 2.

La costanza della composizione dei prodotti antievaporanti dovrà essere verificata, a cura della Direzione Lavori ed a spese dell'Impresa, al momento del loro approvvigionamento.

In particolare per le solette, che sono soggette all'essiccamento prematuro ed alla fessurazione da ritiro plastico che ne deriva, è fatto obbligo di applicare sistematicamente i prodotti antievaporanti di cui sopra.

È ammesso in alternativa l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5÷1,5 kg/m<sup>3</sup>.

Nel caso che sulle solette si rilevino manifestazioni di ritiro plastico con formazione di fessure d'apertura superiore a 0,3 mm, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura e spese alla demolizione ed al rifacimento delle strutture danneggiate.

#### 3.15.1.2 *Disarmo e scasseratura*

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da possibilità d'urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere.

La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze e comunque mai prima di 48 (quarantotto) ore.

In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nelle Norme Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5/11/1971 n. 1086 (D.M. in vigore).

Avvenuto il disarmo potrà essere richiesta la regolarizzazione della superficie delle opere con malta cementizia. L'applicazione si effettuerà previa pulitura e lavatura delle superfici delle gettate e la malta dovrà essere ben conguagliata con cazzuola e frattazzo, con aggiunta di opportuno spolvero di cemento.

#### 3.15.1.3 *Protezione dopo la scasseratura*

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI ENV 206-1; al fine di evitare un prematuro essiccamento dei manufatti dopo la rimozione delle casseforme, a seguito del quale l'indurimento è ridotto e il materiale risulta più poroso e permeabile, si dovrà procedere ad una stagionatura da eseguire con i metodi sopra indicati.



La durata della stagionatura, intesa come giorni complessivi di permanenza nei casseri e di protezione dopo la rimozione degli stessi, va determinata in base alle indicazioni del punto 10.6.3, prospetti XII e XIII, della Norma UNI 9858.

### 3.15.2 TOLLERANZA DI POSIZIONAMENTO E DIMENSIONALI

Per le tolleranze dimensionali degli elementi strutturali in conglomerato cementizio, armato o non armato, gettato in opera, dovranno essere rispettate in generale le prescrizioni della norma UNI 10462 "Elementi edilizi. Tolleranze dimensionali" ed in particolare quelle riportate nel DM 2018 e s.m.i., ovvero nella UNI EN 13670-1.

Le opere in calcestruzzo dovranno essere eseguite in base alle dimensioni ed al posizionamento indicati sui disegni esecutivi.

Le tolleranze relative alle strutture in calcestruzzo gettato in opera sono le seguenti.

Solette e solettoni per impalcati, solai in genere:

- |                                |                         |
|--------------------------------|-------------------------|
| - spessore                     | S = - 0.5 cm o + 1.0 cm |
| - quota altimetrica estradosso | S = ± 1.0 cm            |

In ogni caso gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto.

### 3.15.3 PREDISPOSIZIONE DI FORI, TRACCE, CAVITÀ, AMMORSATURE, ONERI VARI

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso d'esecuzione quanto è previsto nei disegni costruttivi o sarà successivamente prescritto di volta in volta in tempo utile dalla Direzione Lavori, circa fori, tracce, cavità, incassature ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per la posa in opera d'apparecchi accessori quali giunti, appoggi, smorzatori sismici, pluviali, passi d'uomo, passerelle d'ispezione, sedi di tubi e di cavi, opere d'interdizione, sicurvia, parapetti, mensole, segnalazioni, parti d'impianti.

Tutte le conseguenze per la mancata esecuzione delle predisposizioni così prescritte dalla Direzione Lavori, saranno a totale carico dell'Impresa, sia per quanto riguarda le rotture, i rifacimenti, le demolizioni d'opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere d'adattamento d'infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

Quando previsto in progetto, le murature in conglomerato cementizio saranno rivestite sulla superficie esterna con paramenti speciali in pietra, laterizi od altri materiali da costruzione; in tal caso i getti dovranno procedere contemporaneamente al rivestimento ed essere eseguiti in modo da consentire l'adattamento e l'ammorsamento.

### 3.15.1 CONGLOMERATO A BASE DI CALCE ARMATO CON BARRE/RETI IN ACCIAIO INOX

La fornitura e posa in opera di conglomerato di calce idraulica o pozzolanica a basso contenuto di sali solubili dovrà essere realizzata secondo le indicazioni di progetto e della D.L.. Il conglomerato dovrà essere realizzato utilizzando una malta di calce ad alta resistenza preventivamente approvata dalla D.L. (es. tipo TD13C della HDSsystem o equivalente) con aggiunta di sabbia e ghiaietto di diametro max 20 mm e dovrà garantire la resistenza caratteristica cubica a compressione prevista dal progetto ed in genere non inferiore a C12/15. L'inerte dovrà essere pulito, esente da sostanze organiche ed in curva granulometrica selezionata da 5 a 20 mm. Si intendono compresi la fornitura e l'inserimento di sigillature/water-stop nei punti di raccordo con le murature esistenti; la realizzazione di giunti di contrazione e di dilatazione, ove necessario; la fornitura e l'inserimento di armature ed ancoraggi in acciaio inox come da indicazioni di progetto e della D.L., la formazione di eventuali incassi e fori e tutte le lavorazioni necessarie per adattare il rinforzo alle irregolarità locali.

La miscela potrà essere confezionata in cantiere e gettata secondo la buona norma esecutiva, previa accurata pulizia ed aspirazione della sede di posa. Durante il getto l'Impresa provvederà a fornire alla D.L. tutta l'assistenza necessaria al prelievo per l'accettazione del materiale.

L'Impresa dovrà aver cura di verificare che gli inerti siano idonei a penetrare all'interno delle gabbie di armatura e dovrà miscelare e vibrare adeguatamente il getto al fine di garantire il perfetto riempimento dei casseri ed evitare l'insorgere di fenomeni di segregazione.

L'Impresa dovrà curare adeguatamente il getto, operando in funzione delle condizioni termo-igrometriche in modo da garantire un'adeguata stagionatura.

### **3.16 ACCIAIO DA C.A.**

#### **3.16.1 GENERALITÀ**

Per tutte le tipologie d'acciaio dovranno essere rispettate le prescrizioni del DM 17/01/2018 e s.m.i..

Le operazioni di saldatura dovranno essere eseguite in conformità con quanto disposto dal DM 17/01/2018 e dalle Istruzioni tecniche CNR – UNI 10011/88 e s.m.i..

#### **3.16.2 CONTROLLI PER ACCIAIO DA C.A.**

Il prelievo dei campioni e le prove per il controllo della qualità dell'acciaio costituente barre e reti d'armatura dovranno essere realizzati in accordo con le prescrizioni del DM 17/01/2018 e s.m.i.

#### **3.16.3 POSA IN OPERA ARMATURA PER C.A.**

Nella posa in opera di reti o armature metalliche entro i casseri o all'estradosso di solette esistenti in getti di rinforzo o di risanamento, è tassativamente prescritto l'utilizzo di opportuni distanziatori in materiale plastico o da concordare con la Direzione dei Lavori, al fine di garantire l'esatto posizionamento delle armature secondo le prescrizioni di progetto.

Lungo le pareti verticali si dovrà ottenere il necessario distanziamento esclusivamente mediante l'impiego di distanziatori ad anello; sul fondo dei casseri dovranno essere impiegati distanziatori del tipo approvato dalla Direzione Lavori.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. In assenza di tali distanziatori la Direzione lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

In ogni caso copriferro ed interferro dovranno essere dimensionati nel rispetto del disposto di cui alle Norme di esecuzione per c.a. e c.a.p., contenuto nel DM 17/01/2018 e s.m.i.. Barre e reti dovranno essere stabilmente ancorate con legature, anche ai ferri esistenti, per garantire il mantenimento della corretta posizione durante tutte le operazioni di getto.

Lo spessore del copriferro, in particolare, dovrà essere correlato allo stato limite di fessurazione del conglomerato, in funzione delle condizioni ambientali in cui verrà a trovarsi la struttura e comunque non dovrà essere inferiore a 3 cm.

Per strutture ubicate in prossimità di litorali marini o in presenza d'acque con componenti di natura aggressiva (acque selenitose, solforose, carboniche, ecc.), la distanza minima delle superfici metalliche delle armature dalle facce esterne del conglomerato dovrà essere di 4 cm.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera; in ogni caso in corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto.

In presenza di ferri d'armatura zincati od in acciaio inox, il filo utilizzato per le legature dovrà avere le stesse caratteristiche dell'acciaio da sottoporre a legatura.

L'Impresa dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Impresa l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

### **3.17 INTERVENTI CONSERVATIVI SUL CALCESTRUZZO**

La terapia di risanamento del calcestruzzo degradato comprende interventi specifici di protezione dalla

carbonatazione, particolari interventi di consolidamento strutturale, di pulitura delle parti ossidate dell'armatura e di ripristino dei copriferri.

La pulitura del materiale dovrà eliminare tutte le parti decoese, in modo da mettere a nudo l'armatura (fino ad ottenere il metallo bianco) ed a sgrassare la superficie che riceverà i successivi trattamenti. Sarà quindi da effettuare una bonifica delle parti ammalorate per almeno cm 1,5-2,5; procedendo in seguito alla protezione dei ferri d'armatura con antiruggine o, meglio, con betoncino alcalino antiruggine, o mano preparatoria a spruzzo, utilizzando uno strato sottile di adesivo polimerico in veicolo acquoso. Si procederà quindi alla ricostruzione del copriferro utilizzando malte reoplastiche antiritiro (composte da legante cementizio e da additivi adesivi), applicate a spatola o a cazzuola previa abbondante bagnatura. A getto avvenuto sarà mantenuta umida l'applicazione per almeno 24 ore; avvenuta la stagionatura umida sarà sempre opportuno applicare un antieaporante.

Le malte utilizzate dovranno essere esenti da inerti quali gesso e silice reattiva oltre che possedere una buona tixotropia.

La superficie esterna dovrà essere infine protetta con una rasatura di malta di finitura per calcestruzzo, con una pittura o con una vernice. Il rivestimento protettivo deve comunque garantire un'adeguata idrorepellenza e la barriera all'anidride carbonica. Barriera che non può essere totale perché, comporterebbe anche l'abbattimento della permeabilità al vapore acqueo. Si dovranno pertanto utilizzare additivi quali polimeri acrilici e miscele di copolimeri in etilene o xilene previa impregnazione con silani, tali trattamenti sono in grado di conferire al calcestruzzo buona protezione ed idrorepellenza. Nello specifico saranno da applicare circa 200-300 g/mq di idrorepellente silanico e, dopo 24 ore dall'impregnazione, 170-200 g/mq di pittura acrilica.

In ogni caso tutte le strutture in calcestruzzo realizzate a contatto con il terreno dovranno essere impermeabilizzate.

### 3.17.1 ASPORTAZIONE DEL CALCESTRUZZO DEGRADATO

Per i materiali cementizi a ritiro compensato l'asportazione del calcestruzzo incoerente o degradato avverrà mediante idrodemolizione o scalpellatura meccanica eseguita mediante demolitori leggeri alimentati ad aria compressa, adottando tutte le precauzioni necessarie ad evitare il danneggiamento delle strutture superstiti. Nel caso d'idrodemolizione dovranno avere pressione del getto d'acqua di 120-150 MPa e portata compresa tra 100 e 300 l/min.

Tali macchine dovranno essere sottoposte alla preventiva approvazione della Direzione Lavori ed essere corredate di sistemi di prerogolazione con comando a distanza e di sistemi sicurezza e protezione, che consentano il corretto funzionamento anche in presenza di traffico, nonché il controllo delle acque di scarico, la qualità delle quali dovrà essere conforme ai limiti della tabella "A" della legge 319/76.

La superficie del calcestruzzo di supporto dovrà risultare macroscopicamente ruvida (asperità di circa 5 mm di profondità) allo scopo di ottenere la massima aderenza tra il nuovo ed il vecchio materiale.

Tale macro ruvidità è indispensabile affinché si realizzi il meccanismo dell'espansione contrastata che è alla base del funzionamento dei materiali a ritiro compensato (tipo A-B-C-D-G-H-I).

Per le malte cementizie polimero modificate (E) e per le malte di resina (F) la preparazione del supporto sarà effettuata mediante sabbatura o idrosabbatura tenuto conto dello spessore di calcestruzzo da asportare, non essendo necessaria la macrorugosità del supporto in quanto l'aderenza tra vecchio e nuovo è garantita mediante l'azione collante della resina e non mediante il meccanismo dell'espansione contrastata.

### 3.17.2 TRATTAMENTO FERRI D'ARMATURA

I ferri d'armatura del cemento armato messi a nudo in fase d'asportazione del conglomerato cementizio ammalorato dovranno essere portati a metallo quasi bianco mediante sabbatura.

Quando il ripristino è realizzato con malte o betoncini a ritiro compensato generalmente non è opportuno l'impiego sull'armatura di prodotti inibitori di corrosione, salvo diverse motivate prescrizioni di progetto.

### 3.17.3 POSIZIONAMENTO D'ARMATURE AGGIUNTIVE

Qualora sia necessario aggiungere delle armature, queste saranno poste in opera prima della pulizia della superficie di supporto e del posizionamento dell'eventuale rete elettrosaldata di contrasto.

Dovrà essere garantito un copriferro di almeno 20 mm.

#### 3.17.4 PREPARAZIONE DELLE SUPERFICI DA RIPRISTINARE

Per avere la certezza che il supporto sia pulito al momento dell'applicazione occorre effettuare la pulizia immediatamente prima dell'applicazione del materiale, dopo che tutte le altre operazioni di preparazione siano state ultimate.

Si dovranno pertanto asportare con i mezzi più opportuni le polveri e le parti incoerenti in fase di distacco eventualmente ancora presenti dopo l'asportazione meccanica del calcestruzzo, l'ossido eventualmente presente sui ferri d'armatura, le impurità, le tracce di grassi, oli e sali aggressivi, ottenendo così una superficie composta da un conglomerato cementizio sano, pulito e compatto.

Per l'applicazione di materiali cementizi a ritiro compensato, occorre effettuare la pulizia della superficie di supporto mediante lavaggio con acqua in pressione (80-100 MPa e acqua calda nel periodo invernale).

L'operazione di pulizia con acqua in pressione, se eseguita immediatamente prima dell'applicazione del materiale, consente anche la saturazione del calcestruzzo, comunque necessaria per una corretta applicazione dei materiali a ritiro compensato (A, B, C, D, G, H, I). Per l'applicazione di malte cementizie polimero modificate e di malte di resina epossidica, la pulizia della superficie di supporto potrà essere effettuata mediante getto d'aria compressa, o d'acqua in pressione nel solo caso di malte che devono essere miscelate con acqua.

#### 3.17.5 STAGIONATURA

Una corretta stagionatura è fondamentale per evitare la formazione di fessure dovute all'immediata evaporazione di parte dell'acqua d'impasto sotto l'azione del sole e del vento.

Le malte tissotropiche (A, B ed E) non richiedono stagionatura umida se non in condizioni termoigrometriche particolarmente severe (venti secchi).

È invece assolutamente necessario mantenere umide per alcune ore, dopo il getto, le superfici esposte all'aria dei conglomerati a ritiro compensato colabili (C, D, G, H ed I), impiegando acqua nebulizzata oppure prodotti antievaporanti da applicarsi a spruzzo subito dopo terminata l'operazione di messa in opera.

La copertura con il curing sarà tanto più rapida quanto più caldo e secco è il clima (il curing potrà essere evitato se si usano malte con microfibre di poliacriliche).

Non sarà consentito l'impiego di fogli di polietilene trasparente per impedire l'evaporazione dell'acqua in quanto questi ultimi ostacolano la dispersione del calore d'idratazione che può provocare fessure per dilatazione termica.

Circa il tipo di prodotto di curing, per la maturazione dei getti si dovrà tenere conto del fatto se la superficie debba o no ricevere ulteriori getti di finitura o di proseguimento dei lavori.

In tal caso si dovrà verificare che il materiale da applicare sulla pellicola dell'agente di curing indurito sia in grado di aderirvi.

Nel caso di successive applicazioni di rivestimenti protettivi o di trattamenti d'impermeabilizzazione, dovranno essere utilizzati prodotti antievaporanti che, dopo pochi giorni dall'applicazione, si polverizzino e siano di facile asportazione mediante lavaggio con acqua in pressione.

L'eventuale protezione delle strutture ripristinate potrà essere eseguita dopo la maturazione del materiale d'apporto (indicativamente 14 d dall'esecuzione dei ripristini stessi e comunque in funzione delle condizioni ambientali).

#### 3.17.6 PROVE E CONTROLLI

Le superfici ripristinate dovranno essere controllate a campione mediante bagnatura (almeno il 5% per superfici estese e almeno 10% per superfici limitate), per ogni elemento strutturale, per verificare l'eventuale presenza di microfessure.

In caso si evidenziassero microfessure occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata per la quale, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà inferiore al 20% dell'area totale d'intervento, sarà applicata una penale; se superiore, l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, alla rasatura (tale intervento avrà in genere uno spessore medio di 3 mm; sarà realizzato utilizzando una malta cementizia polimero modificata premiscelata, tissotropica del tipo E1, previa preparazione del supporto mediante sabbiatura o idrosabbiatura, la malta dovrà essere applicata

preferibilmente a spruzzo con intonacatrice, l'applicazione con spatola è consentita per interventi d'estensione limitata) e alla protezione con filmogeni, di tipologia da concordare con la Direzione Lavori, in accordo con il Progettista.

La verifica d'ottenimento dell'adesione in opera si otterrà con il controllo al martello, con campionamento secondo il criterio indicato per le microfessure.

In caso si evidenziassero superfici risonanti, occorrerà estendere il controllo all'intera superficie riparata e l'Impresa dovrà procedere, a sua cura e spese, all'asportazione ed al rifacimento delle superfici risultate non idonee.

### **3.18 PLACCAGGI CON MATERIALI COMPOSITI**

#### **3.18.1 GENERALITÀ**

I materiali compositi utilizzati per le applicazioni di rinforzo strutturale dovranno essere :

- Identificabili, per poter risalire univocamente al produttore;
- qualificati e controllati secondo procedure di controllo ben definite ed applicabili al processo di produzione in fabbrica e verificati regolarmente da un ente terzo di ispezione abilitato;
- accettati dal Direttore dei Lavori dopo verifica della documentazione e dopo l'esecuzione di controlli (prove) di accettazione.

Per l'identificazione e la qualificazione dei compositi per il rinforzo strutturale non esiste ad oggi una normativa Europea armonizzata, che preveda anche la marcatura CE, ma è possibile fare riferimento a specifiche tecniche di comprovata validità che garantiscano un livello di sicurezza equivalente a quello definito per i materiali tradizionali nel vigente DM 17 gennaio 2018 e s.m.i.. È quindi possibile riferirsi alle procedure descritte nelle Istruzioni CNR DT200 R1/2012.

#### **3.18.2 CONTROLLI DI ACCETTAZIONE IN CANTIERE**

I controlli sui materiali forniti saranno eseguiti mediante dei prelievi eseguiti in cantiere, secondo quanto previsto dalle "Linee guida per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Collaudo di interventi di Rinforzo di strutture di c.a., c.a.p. e murarie mediante FRP" - Consiglio Superiore LL PP del 24/07/2009 e s.m.i..

Durante l'applicazione verranno monitorate le condizioni termo-igrometriche sospendendo le operazioni in caso di temperature ed umidità non idonee alla corretta posa in opera. Salvo diverse indicazioni la messa in opera non potrà avvenire con temperature inferiori ai 10°C o superiori ai 35°C e umidità superficiale superiore al 10% o comunque al di fuori del range di temperatura e umidità prescritti dal produttore del materiale fornito al cantiere.

Questa tecnica si basa sull'utilizzazione di nastri di tessuto, di varie dimensioni, in fibre secche (carbonio, aramidica, vetro) unidirezionali (fibre orientate secondo un'unica direzione), bidirezionali (fibre orientate secondo direzioni 0° e 90°) o biassiale (fibre inclinate a  $\pm 45^\circ$ ) con elevate caratteristiche meccaniche a trazione ed alta resistenza agli alcali, applicati e "laminati" alla struttura (tecnica "wet lay up"); questo consente di costituire un materiale "composito" direttamente in opera, mediante l'impiego di una matrice a base di resine epossidiche (o resine poliestere) bicomponenti a bassa viscosità, che assicurano sia il trasferimento delle sollecitazioni alle fibre di rinforzo, sia la protezione della fibra da attacchi di tipo chimico o meccanico o da variazioni di temperatura.

Le fasce di FRP andranno opportunamente orientate secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura (ovvero del quadro fessurativo precedentemente rilevato) e di forza individuate.

Previa un'accurata pulitura della superficie di applicazione al fine di eliminare depositi superficiali, polveri e materiale incoerente, si procederà alla preparazione della superficie stuccando e livellando eventuali fessurazioni ed irregolarità con idoneo prodotto.

Per le murature (es. estradossi di volte), dove compatibile con i vincoli di conservazione del manufatto, dovranno essere in generale asportati gli strati di malta ed intonaco permettendo l'incollaggio delle fibre direttamente sul

laterizio opportunamente rasato e scarificato. La rimozione ed il successivo ripristino degli intonaci, se non diversamente previsto nel computo di progetto, si intendono compresi e compensati nel prezzo della lavorazione.

Per l'ancoraggio su cls l'adeguata preparazione del supporto dovrà comprendere ove necessario: la scarifica delle parti degradate ed il successivo ripristino e la sabbiatura.

Per la rasatura dovranno essere impiegati idonei prodotti indicati dal produttore del materiale o comunque approvati dalla D.L. (in generale primer e putty, epossidico prevedendo l'utilizzo di malta di calce idraulica ad alte prestazioni solo su approvazione della D.L. per le maggiori irregolarità e lontano dalle zone critiche dal punto di vista della laminazione, quali ad esempio quelle di estremità).

Le superfici di applicazione dovranno risultare il più regolari possibile, con tolleranze variabili in funzione del tipo di materiale da posare in opera (es. per tessuti CFRP lo scarto tra livelli superficiali contigui dovrà essere inferiore a 1 mm) prevedendo adeguati smussi in corrispondenza di punti angolosi/spigoli e raccordando/eliminando concavità che possano favorire l'innesco di delaminazioni.

In questa fase andrà, inoltre, identificato prima e fornito alla D.L. il quadro fessurativo della volta per verificare il numero, la disposizione e la grammatura delle fasce di rinforzo.

Successivamente, si procederà in generale alla stesura di due strati preparatori: un primer di resina epossidica fluida a bassa viscosità esente da solventi da stendere a pennello od a rullo (lavorabilità a 20°C 480 min., temperatura minima di applicazione 10-12°C indurimento al tatto a 20°C 16-18 h) al fine di migliorare l'efficacia d'aggrappaggio al supporto del sistema CFRP. La quantità da applicare è variabile a seconda della porosità e della scabrezza della muratura (in media circa 0,2 l/m<sup>2</sup>); nel caso in cui la prima mano fosse troppo assorbita dal supporto si potrà ricorrere ad una nuova stesura.

Passate almeno 6 ore (ovvero fino a quando il primer non risulterà più appiccicoso) comunque entro le 24 ore successive si applicherà, se richiesta dal progetto (ovvero nei casi in cui la superficie si presenti irregolare o quando la consistenza del supporto necessita di un rinforzo supplementare), una rasatura (putty) per uno spessore di circa 1-2 mm, stesa a mezzo di spatola o frattazzo, (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 5°C, resistenza a trazione diretta 12-24 MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq$  35 MPa, modulo elastico 180-220 GPa, indurimento al tatto a 20°C 8-10 h) costituita da stucco epossidico (bicomponente) compatibile con il primer e con il successivo adesivo. Trascorso il tempo necessario (comunque entro le 24 ore successive) per ottenere la condizione di fuori tatto si stenderà, uniformemente sulla superficie della volta mediante pennello o rullo (a pelo corto), e fresco su fresco, sopra le zone precedentemente trattate con il primer, ovvero con la rasatura, un adesivo epossidico (bicomponente) a consistenza tissotropica (lavorabilità a 20°C 30-40 min, temperatura minima di applicazione 10-12°C, resistenza a trazione diretta  $\geq$  30 MPa, resistenza a trazione per flessione  $\geq$  50 MPa, modulo elastico a trazione diretta 300-350 GPa, allungamento a rottura 2-5 %, assorbimento acqua 0,05-0,3 %, indurimento al tatto a 20°C 16-18 h); seguirà l'immediata applicazione dei nastri di rinforzo (seguendo le indicazioni di progetto e comunque opportunamente orientati secondo gli assi di riferimento, le linee di frattura e di forza individuate) esercitando una pressione regolare, per 2 o 3 volte, nella direzione longitudinale della fibra mediante un rullino di gomma rigida od a denti smussati al fine di eliminare sia l'eventuale aria dallo strato di resina, sia per completare l'impregnazione del nastro. I nastri saranno costituiti da strisce di larghezza variabile da un minimo di 10 cm ad un massimo di 100 cm in tessuto di fibra con spessore a secco variabile a seconda della natura della fibra e della specifica applicazione. Il nastro dovrà presentarsi ben steso e ben ancorato; le eventuali sovrapposizioni, nella direzione longitudinali, dovranno essere di almeno 20-30 cm mentre, nella direzione trasversale potranno essere più ridotte (saranno sufficienti 2-5 cm).

Passata almeno 1 ora si procederà alla stesura della "seconda mano" di adesivo. Se specifiche di progetto o prescrizioni della D.L. indicheranno più strati di composito si ripeteranno le operazioni enunciate precedentemente. Nel caso d'interventi su intradossi di volte, da ripristinare con finitura ad intonaco al fine di consentire l'aggrappaggio dell'arriccio dell'intonaco, si potrà ricorrere all'applicazione, sulla mano finale di resina non ancora indurita, di uno spolvero di sabbia di quarzo.

Per garantire un adeguato ancoraggio di estremità dei nastri e per contenere la tendenza al distacco/delaminazione nelle eventuali zone dove le concavità non sono eliminabili potranno essere previsti ancoraggi con barre inghisate (es. barre in fibra di carbonio inghisate nella muratura realizzate con sistema MBrace CONNECT della Basf o equivalente) con estremità sfioccate e collegate al nastro. Tali rinforzi, se non diversamente previsti nel computo di progetto, si intendono compresi e compensati nel prezzo della lavorazione.

Per evitare di forare/interrompere le fibre nelle zone dove si andrà successivamente ad eseguire la foratura, durante

la fase applicativa dei tessuti si dovrà cercare di allargare le fibre.

Si intende compreso il rinforzo con strati aggiuntivi di fibra nelle zone angolari ed in corrispondenza di eventuali fori da realizzare sulla fibra stessa (es. per l'eventuale passaggio di cavi elettrici ecc...).

Si intendono altresì comprese, le prove di controllo in cantiere condotte sul tessuto secco, su provini di composito laminato e le prove di aderenza al supporto.

In zone di difficile aderenza per migliorare l'aggrappaggio dell'intonaco o per consentire la mascheratura finale (es. con impasto di calce additivata e polvere di pietra) potrà essere applicata a fresco una rete tipo Tenax o equivalente.

### 3.18.3 SPECIFICHE PER PLACCAGGIO CON TESSUTI UNIDIREZIONALE IN FIBRA DI ACCIAIO

Prima di procedere all'applicazione del rinforzo, il supporto dovrà essere adeguatamente preparato con accurata pulizia della superficie sino alla messa a nudo degli elementi strutturali; sigillatura e rincocciatura delle eventuali lesioni presenti, in modo da ripristinare la continuità strutturale ed estetica. Si procederà quindi all'applicazione di un eventuale fissativo consolidante e alla soffiatura conclusiva del supporto con aria compressa con successiva aspirazione dei detriti e umidificazione delle superfici.

L'applicazione del sistema di rinforzo in fibra di acciaio in matrice inorganica a base di calce idraulica naturale andrà eseguito avendo cura di disporre le fasce secondo quanto indicato dal progetto.

Si provvederà in particolare all'applicazione di una prima mano di malta a base calce, garantendo sul supporto una quantità di materiale sufficiente (spessore minimo 3 – 5 mm) per regolarizzarlo e per adagiare e inglobare il tessuto di rinforzo. Successivamente si procederà applicando, sulla matrice ancora fresca, il tessuto in fibra d'acciaio, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando una energica pressione con la spatola e avendo cura che la stessa malta fuoriesca dai trefoli per garantire così un'ottima adesione fra primo e secondo strato di matrice. L'applicazione si concluderà con la rasatura finale protettiva (spessore 3 – 5 mm), sempre realizzata con la malta strutturale a base calce, al fine di inglobare totalmente il rinforzo e chiudere eventuali vuoti sottostanti. In caso di strati successivi al primo, procedere con la posa del secondo strato di fibra sullo strato di matrice ancora fresca.

Per garantire una migliore efficacia del sistema di rinforzo, ove previsto dal progetto si provvederà sempre all'ancoraggio delle estremità del tessuto in fibra d'acciaio avendo cura di "sfilacciare" la parte terminale della fascia in fibra di acciaio e di inserirla nel foro, realizzando un numero di "code" cilindriche in continuità dalla fascia. Infine si procederà con la colatura della malta fluida da iniezione, previa bagnatura del foro, o all'iniezione di resina, al fine di creare perfetta collaborazione tra il tessuto di rinforzo e il supporto in muratura.

L'applicazione del sistema di rinforzo in matrice organica dovrà essere eseguita in modo analogo, provvedendo alla stesura sul supporto idoneamente predisposto di una prima mano di matrice epossidica (spessore minimo 2-3 mm), all'applicazione sulla matrice ancora fresca del tessuto in fibra di acciaio, garantendo il perfetto inglobamento del nastro nello strato di matrice, esercitando una energica pressione con spatola o rullo in acciaio, avendo cura che la stessa fuoriesca dai trefoli, e la stesura della rasatura finale, applicando fresco su fresco un secondo strato di adesivo epossidico (spessore 1-2 mm) per totale ricoprimento del tessuto.

In caso di giunzione longitudinale, le estremità delle due fasce dovranno essere sovrapposte per minimo 30 cm o comunque come da indicazioni del Produttore e/o del Progetto.

## **3.19 COLLOCAMENTO IN OPERA**

La posa in opera di qualsiasi materiale, apparecchio o manufatto, consisterà in genere nel suo prelevamento dal luogo di deposito, nel suo trasporto in sito (intendendosi con ciò tanto il trasporto in piano o in pendenza, che il sollevamento in alto o la discesa in basso, il tutto eseguito con qualsiasi sussidio o mezzo meccanico, opera provvisoria, ecc.), nonché nel collocamento nel luogo esatto di destinazione, a qualunque altezza o profondità ed in qualsiasi posizione, ed in tutte le opere conseguenti (tagli di strutture, fissaggio, adattamento, stuccature e riduzioni in pristino).

L'Appaltatore ha l'obbligo di eseguire il collocamento di qualsiasi opera o apparecchio che gli venga ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche se forniti da altre Ditte.

Il collocamento in opera dovrà eseguirsi con tutte le cure e le cautele del caso; il materiale o manufatto dovrà essere

convenientemente protetto, se necessario, anche una volta collocato, essendo l'Appaltatore unico responsabile dei danni di qualsiasi genere che potessero essere arrecati alle cose poste in opera, anche dal solo traffico degli operai durante e dopo l'esecuzione dei lavori, sino al termine e consegna, anche se il particolare collocamento in opera si svolge sotto la sorveglianza o assistenza del personale di altre Ditte, fornitrici del materiale o del manufatto.

### 3.19.1 COLLOCAMENTO DI MANUFATTI VARI, APPARECCHI E MATERIALI FORNITI DALL'AMMINISTRAZIONE APPALTANTE

Qualora l'Amministrazione appaltante fornisca direttamente materiali, manufatti o apparecchi di qualsiasi genere, da collocare all'interno dell'opera oggetto dell'appalto, l'Appaltatore dovrà provvedere al suo trasporto in cantiere, immagazzinamento e custodia, e successivamente alla loro posa in opera, a secondo delle istruzioni che riceverà, eseguendo le opere murarie di adattamento che si renderanno necessarie.

Qualsiasi apparecchio, materiale o manufatto fornito dall'Amministrazione appaltante sarà consegnato in cantiere, alle stazioni ferroviarie o in magazzini, secondo le istruzioni che l'Appaltatore riceverà tempestivamente.

Per il collocamento in opera dovranno seguirsi inoltre tutte le norme indicate per ciascuna opera, restando sempre l'Appaltatore responsabile della buona conservazione del materiale consegnatogli, prima e dopo del suo collocamento in opera.

### 3.19.2 COLLOCAMENTO DI MANUFATTI IN MARMO O PIETRA

Tanto nel caso in cui la fornitura dei manufatti gli sia affidata direttamente, quanto nel caso in cui venga incaricato della sola posa in opera, l'Appaltatore dovrà avere la massima cura per evitare, durante le varie operazioni di scarico, trasporto e collocamento in sito e sino a collaudo, rotture, scheggiature, graffi, danni alle lucidature, ecc.. Egli pertanto dovrà provvedere a sue spese alle opportune protezioni, con materiale idoneo di spigoli, cornici, colonne, scalini, pavimenti, etc., restando egli obbligato a riparare a sue spese ogni danno riscontrato, come a risarcirne il valore quando, a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori, la riparazione non fosse possibile.

Per ancorare i diversi pezzi di marmo o pietra, si adopereranno grappe, perni e staffe, in ferro zincato o stagnato, od anche in ottone o rame, di tipo e dimensioni adatte allo scopo ed agli sforzi cui saranno assoggettati, e di gradimento della Direzione dei Lavori.

Tali ancoraggi saranno fissati saldamente ai marmi o pietre entro apposite incassature di forma adatta, e murati nelle manufatture di sostegno con malta cementizia.

I vuoti che risulteranno tra i rivestimenti in pietra o marmo e le retrostanti murature dovranno essere diligentemente riempiti con la l'adesivo cementizio ad alte prestazioni indicato nel presente Capitolato Speciale, sufficientemente fluido e debitamente scagliato, in modo che non rimangano vuoti di alcuna entità. Lo stesso adesivo sarà impiegato per l'allettamento delle lastre in piano per cordatura. È vietato l'impiego di conglomerato cementizio a presa rapida, tanto per la posa che per il fissaggio provvisorio dei pezzi, come pure è vietato l'impiego di malta cementizia idraulica normale.

L'Appaltatore dovrà usare speciali cure ed opportuni accorgimenti per il fissaggio o sostegno di stipiti, architravi, rivestimenti ecc., in cui i pezzi risultino sospesi a strutture in genere ed a quelle in cemento armato in specie: in tale caso si potrà richiedere che le pietre o marmi siano collocati in opera prima del getto, ed incorporati con opportuni mezzi alla massa della muratura o del conglomerato, il tutto seguendo le speciali norme che saranno all'uopo impartite dalla Direzione dei Lavori e senza che l'Appaltatore abbia diritto a pretendere compensi speciali.

Tutti i manufatti di qualsiasi genere, dovranno risultare collocati in sito, nell'esatta posizione stabilita dai disegni o dalla Direzione dei Lavori; le connessioni ed i collegamenti eseguiti a perfetto combaciamento secondo le migliori regole d'arte, dovranno essere stuccati con cemento bianco o colorato, a seconda dei casi, in modo da risultare il meno appariscenti che sia possibile e si dovrà curare di togliere ogni zeppa o cuneo di legno al termine della posa in opera.

I piani superiori delle pietre o dei marmi posti all'esterno dovranno avere le opportune pendenze per convogliare le acque piovane, secondo le indicazioni che darà la Direzione dei Lavori.

Sarà in caso a carico dell'Appaltatore, anche quando esso avesse l'incarico della sola posa in opera, il ridurre e modificare le murature ed ossature ed eseguire i necessari scalpellamenti e incamerazioni, in modo da consentire la



perfetta posa in opera dei marmi e pietre di qualsiasi genere.

Nel caso di rivestimenti esterni potrà essere richiesto che la posa in opera delle pietre o marmi segua immediatamente il progredire delle murature, ovvero che venga eseguita in un tempo successivo, senza che l'Appaltatore possa accampare pretese di compensi speciali oltre quelli previsti dalla tariffa.

### **3.20 ALLESTIMENTO DEL CANTIERE**

L'allestimento cantiere comprenderà gli oneri di formazione cantiere (spese di trasporto, montaggio e smontaggio apparecchiature, spostamenti interni, attrezzature ed oneri di accantieramento) relativi a:

- trasporto ed installazione in loco di tutti i macchinari ed ogni altra attrezzatura o materiale necessario per l'esecuzione delle opere;
- trasporto montaggio e smontaggio, nolo per tutta la durata dei lavori dei baraccamenti necessari al cantiere, previsti nel piano della sicurezza e coordinamento, per il personale delle Imprese e della Direzione dei Lavori;
- recinzione di cantiere secondo le indicazioni contenute nel piano di sicurezza e coordinamento;
- movimentazione all'interno del cantiere di impalcature, macchinari, materiali e, in generale, sistemazione e movimentazione di tutte le attrezzature indicate dalla Direzione Lavori;
- allacciamenti di cantiere ai servizi energia elettrica, acqua, etc. e relative forniture;
- protezione dei macchinari, con idonei accorgimenti, al fine di non arrecare danno alle attrezzature di proprietà dell'Ente Appaltante.

Nell'importo sono inoltre compresi forfettariamente tutti i danni diretti e indiretti subiti dall'Impresa dovuti a ritardi, ripetizioni di categorie di lavori, spostamento di macchinari, rallentamenti, etc, richiesti dalla Direzione Lavori e dal Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione, al fine di coordinare le attività di varie Imprese eventualmente operanti contemporaneamente all'interno dello stesso cantiere oppure necessarie per il funzionamento anche parziale dell'impianto.

Tale situazione si potrà verificare in caso di interferenze con attività diverse da quella oggetto del presente progetto e relative a sistemazioni di macchinari, ad interventi sui sottoservizi, a sistemazioni diverse oppure alla necessità di permettere l'accesso temporaneo ai visitatori di parte dell'area di cantiere.

Per la durata del cantiere l'impresa dovrà mettere a disposizione della D.L. e dei visitatori i DPI, inclusi imbraghi ecc.

### **3.21 OPERE PROVVISORIALI**

#### **3.21.1 GENERALITÀ**

Tutti i ponteggi, le sbadacchiature, le tamponature, le murature di rinforzo, i puntelli a sostegno ed a ritegno e le altre opere necessarie alla conservazione, anche provvisoria, del manufatto ed alla sicurezza ed incolumità degli addetti ai lavori, saranno eseguiti nel rispetto delle norme di sicurezza della buona tecnica costruttiva ed ubicati secondo quanto richiesto dalla Direzione dei Lavori.

Le opere provvisorie dovranno essere realizzate con buon materiale ed a regola d'arte, proporzionate ed idonee allo scopo; esse dovranno essere mantenute in efficienza per l'intera durata dei lavori. L'Appaltatore sarà responsabile della progettazione, dell'esecuzione e della loro rispondenza a tutte le norme di legge in vigore nonché ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto e le modalità esecutive delle opere provvisorie dovranno essere portate alla preventiva conoscenza del Direttore dei lavori.

Nella realizzazione delle opere provvisorie l'Appaltatore è tenuto, altresì, a rispettare tutte le norme in vigore nella zona in cui saranno eseguiti i lavori.

Ponteggi, puntellazioni ed impalcature - Per i lavori da eseguire ad un'altezza superiore ai 2 metri dovranno essere adottate adeguate impalcature, ponteggi ed altre opere provvisorie atte ad eliminare i pericoli di caduta di persone o di cose secondo quanto disposto dalla vigente normativa.

Si intendono inoltre comprese:

- i tracciamenti e le verifiche dimensionali;
- la verifica dei sottoservizi con ricerca di cavità sotterranee (es. tubazioni, pozzetti ecc..) che potrebbero ridurre l'efficienza e la sicurezza delle opere realizzate;
- l'eventuale chiusura di tali cavità, ove possibile, (es. con riempimento di materiale adeguatamente compattato) o la messa in opera di idonei dispositivi atti a trasferire i carichi nelle zone limitrofe (es. traversi ecc.);
- tutte le opere a protezione e gli eventuali ripristini e sistemazioni delle pavimentazioni e dei manti erbosi su cui poggiano le opere provvisionali;
- gli oneri per l'ottenimento delle necessarie autorizzazioni a montare il ponteggio e le puntellazioni sulle proprietà dei confinanti;
- tutti gli adattamenti alle irregolarità locali, siano essi necessari alla salvaguardia del bene o a garantire il rispetto dei requisiti di sicurezza dei ponteggi richiesti dalla normativa vigente;
- l'adozione di idonei sistemi di ripartizione e/o redistribuzione dei carichi alla base dei ponteggi, in particolare se posti in appoggio su pavimentazioni o strutture esistenti aventi scarse o non del tutto certe capacità portanti;
- la redazione di progetto a firma di tecnico abilitato, ove questo risulti necessario ai sensi della normativa vigente, nonché il relativo aggiornamento nel caso in cui in corso d'opera vi fosse la necessità di modificare l'originale schema costruttivo dei ponteggi.

Ove necessario a garantire la funzionalità e durabilità dell'opera si intende compresa la realizzazione di coperture provvisorie (es. realizzate in lamiera zincata ondulata o teli impermeabili in pvc pesante).

L'Appaltatore avrà l'obbligo di affidare ad un responsabile di cantiere la sorveglianza dei lavori di montaggio e smontaggio ed il periodico controllo delle strutture dei ponteggi e delle opere provvisionali.

### 3.21.2 PUNTELLI / PONTEGGI DI FORZA

La scelta del tipo di puntellazione da adottare sarà fatta dall'Impresa esecutrice secondo quanto stabilito dagli elaborati di progetto o ordinato dalla D.L.

Potranno essere costruite in legname, acciaio, lega di alluminio e in calcestruzzo di cemento armato, con travi unici o multipli allo scopo di assolvere funzioni di sostegno e di ritegno.

Dovranno essere previsti, ove necessario, sistemi di zavorre ed i necessari fissaggi/ancoraggi alle strutture esistenti ed al terreno.

Potranno essere inoltre adottate fasciature provvisorie con nastri in poliestere ad alta resistenza complete di tenditore a cricchetto, paraspigoli, eventuali elementi di ripartizione ed ogni altro onere.

In ogni caso il materiale utilizzato dovrà garantire una adeguata durabilità per l'intero intervallo previsto per la puntellazione garantendo il mantenimento delle prestazioni meccaniche attese e l'assenza di fenomeni di ossidazione e/o corrosione in grado di innescare eventuali forme di degrado (es. macchie di ruggine ecc.) nel manufatto esistente.

Verranno utilizzati preferibilmente sistemi modulari aventi portate ammissibili certificate.

Prima dell'inizio del montaggio, l'impresa dovrà presentare alla D.L. lo schema "costruttivo" di montaggio dei puntelli corredato dalla certificazione delle portate ammissibili degli elementi costitutivi e della relazione di calcolo con analisi statica del sistema di puntellazione da parte di tecnico abilitato.

Lo sequenza di montaggio dovrà garantire in ogni sua fase la stabilità del manufatto e la sicurezza degli operatori.

Al piede del puntello sarà necessario creare una sede ampia capace di abbassare quanto più possibile i carichi unitari sul terreno al fine di rendere trascurabili le deformazioni.

Per ripartire adeguatamente i carichi sul terreno dovrà essere prevista la rimozione degli strati superficiali (es. strato vegetale) fino a raggiungere un sottofondo compatto. Ove autorizzato dalla DL la fondazione potrà essere realizzata con cordoli in c.a. integrate da riempimenti con materiale adeguatamente compattato (es. ghiaione, stabilizzato, misto cementato). Nei casi in cui non sia possibile eseguire lo scavo dovranno essere previste adeguate basi di appoggio costituite da: piastre in acciaio; elementi prefabbricati in c.a. o altri idonei sistemi approvati dalla DL.

Tutte le puntellazioni saranno sottoposte da parte dell'Appaltatore ad analisi statica, con produzione di conseguente

relazione di calcolo e di disegni costruttivi con relativi particolari di ancoraggio da parte di tecnico abilitato che dovrà essere fornita alla direzione dei lavori prima dell'arrivo in cantiere del materiale da porre in opera.

La struttura del ponteggio di forza dovrà essere accompagnata da progetto a firma di tecnico abilitato, redatto ai sensi della normativa vigente. Il progetto dovrà comprendere relazione di calcolo e disegni costruttivi, compresi i particolari di ancoraggio e di appoggio, e dovrà essere fornito alla direzione dei lavori e al CSE con congruo anticipo prima dell'arrivo in cantiere del ponteggio. Ove il progetto sia già disponibile in sede di aggiudicazione dell'appalto, le eventuali variazioni della tipologia e/o della configurazione geometrica dello stesso proposte dall'Impresa dovranno essere accompagnate da un aggiornamento del progetto, redatto a cura di un tecnico abilitato designato dall'Appaltatore, senza oneri aggiuntivi per l'Ente Appaltante, ed essere preventivamente sottoposte a parere favorevole della DL. Dovranno in ogni caso essere garantite prestazioni minime equivalenti a quelle di progetto.

Inoltre dovrà essere presentato il piano operativo di sicurezza per il montaggio, uso e smontaggio in condizioni di sicurezza (P.I.M.U.S.) secondo quanto previsto dalla vigente normativa in materia di sicurezza sui cantieri.

Le puntellazioni dovranno essere dotate di opportuni dispositivi di regolazione (es. dispositivi a ghiera, vite o altro idoneo dispositivo) atti a permettere un regolare controllo/verifica del contatto con la struttura da sostenere ed a compensare eventuali cedimenti non previsti del piano di posa. La verifica dovrà avvenire con cadenza non superiore a 10 gg nel primo mese e successivamente con cadenza mensile o inferiore.

Particolare cura dovrà essere posta nella realizzazione degli appoggi e degli ancoraggi alle murature esistenti per evitare o comunque ridurre al minimo eventuali danneggiamenti prevedendo opportuni elementi di ripartizione dei carichi (es. interposizione di feltro e/o neoprene). Si intendono compresi eventuali sistemi attivi per il sollevamento di singole parti (es. martinetti idraulici opportunamente monitorati e controllati).

Si intende a carico dell'Appaltatore il montaggio; il mantenimento per la durata necessaria; l'eventuale allestimento della segnaletica necessaria a garanzia della pubblica incolumità; tutti i successivi adattamenti (con relative relazioni di calcolo e disegni strutturali) atti a rendere possibili le lavorazioni previste, la verifica della portanza dei punti di appoggio dei ponteggi; la completa rimozione al termine dei lavori; tutti gli accorgimenti atti a tutelare la sicurezza degli operai; il puntuale e scrupoloso rispetto delle normative vigenti in materia antinfortunistica nei cantieri edili ed ogni altro onere atto a dare l'opera finita a regola d'arte e a garantire l'efficienza per tutta la durata del cantiere.

Particolare cura dovrà essere posta durante lo smontaggio delle puntellazioni. Le operazioni di disarmo dovranno avvenire secondo una apposita sequenza predisposta dall'impresa, in modo graduale (agendo in generale sui dispositivi a vite) ed uniforme evitando nel modo più assoluto l'insorgere di effetti dinamici, di vibrazioni e di distribuzioni non uniformi delle tensioni. Durante lo smontaggio la struttura dovrà essere monitorata e tenuta sotto continuo controllo per valutare eventuali effetti anomali.

### 3.21.3 COPERTURE PROVVISORIE

Coperture provvisorie di protezione potranno essere attuate mediante teli in PVC opportunamente ancorati o altro dispositivo concordato con la Direzione dei Lavori.

Ove non esplicitamente specificato, si intendono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri connessi alla protezione dagli agenti meteorici delle opere durante l'esecuzione dei lavori.

### 3.21.4 PROTEZIONE DI ELEMENTI DI VALORE ARTISTICO

Ove non esplicitamente specificato, si intendono a carico dell'Appaltatore tutti gli oneri connessi alla messa in opera e successiva rimozione al termine dei lavori di protezioni temporanee di quadri, affreschi, gruppi statuari e comunque di qualsiasi elemento di pregio che potrebbe essere danneggiato dalla polvere, dai detriti o dagli urti accidentali nel corso dei lavori.

Le protezioni verranno montate su indicazione della D.L. e della competente Soprintendenza. Si intendono comprese tutte le eventuali misure atte a controllare ed a mantenere le condizioni termo-igrometriche ottimali per la conservazione dei manufatti.

Sarà inoltre onere dell'Impresa l'eventuale collocazione in contenitori specifici e rimozione temporanea e conservazione per tutta la durata dei lavori in luogo giudicato idoneo dall'amministrazione, la successiva ricollocazione ed ogni altro onere per dare il lavoro completo ed eseguito a regola d'arte.

### **3.22 LAVORI EVENTUALI NON PREVISTI**

Per l'esecuzione di categorie di lavoro non previste e per le quali non siano stati convenuti i relativi prezzi, o si procederà al concordamento dei nuovi prezzi secondo quanto stabilito nel D. Lgs. 12 aprile 2006 N° 163, ovvero si provvederà in economia con operai, mezzi d'opera e provviste fornite dall'Appaltatore (a norma dello stesso Regolamento) o da terzi.

Gli operai forniti per le opere in economia dovranno essere idonei ai lavori da eseguirsi e provvisti dei necessari attrezzi.

Le macchine ed attrezzi dati a noleggio dovranno essere in perfetto stato di servibilità e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Saranno a carico dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e delle macchine e le eventuali riparazioni, in modo che essi siano sempre in buono stato di servizio.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia dovranno essere forniti in pieno stato di efficienza.

## **4 NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DEI LAVORI**

### **4.1 NORME GENERALI**

Resta stabilito, innanzitutto, che, sia per i lavori compensati a corpo che per quelli compensati a misura, l'Appaltatore ha l'onere contrattuale di predisporre in dettaglio tutti i disegni contabili, oltre a quelli costruttivi, delle opere realizzate e delle lavorazioni eseguite con l'indicazione (quote, prospetti e quant'altro necessario) delle quantità, parziali e totali, nonché con l'indicazione delle relative operazioni aritmetiche e degli sviluppi algebrici necessari alla individuazione delle quantità medesime, di ogni singola categoria di lavoro attinente l'opera o la lavorazione interessata.

Detti disegni contabili, da predisporre su supporto informatico e da tradurre, in almeno duplice copia, su idoneo supporto cartaceo, saranno obbligatoriamente consegnati tempestivamente alla Direzione dei Lavori per il necessario e preventivo controllo e verifica da effettuare sulla base delle misurazioni, effettuate in contraddittorio con l'Appaltatore, durante l'esecuzione dei lavori.

Tale documentazione contabile è indispensabile per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate di acconto, secondo quanto stabilito in merito per i pagamenti.

La suddetta documentazione contabile resterà di proprietà dell'Amministrazione committente.

Le quantità dei lavori e delle provviste saranno determinate con metodi geometrici, numerici o a peso, in relazione a quanto previsto nell'Elenco Prezzi così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori.

### **4.2 LAVORI A MISURA**

I lavori compensati "a misura" saranno liquidati secondo le misure geometriche, o a numero, o a peso, così come rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore durante l'esecuzione dei lavori. I lavori a misura saranno liquidati in base alle misure fissate dal progetto anche se dalle misure di controllo rilevate dagli incaricati dovessero risultare spessori, lunghezze, larghezze, superfici e cubature effettivamente superiori. Soltanto nel caso in cui la Direzione Lavori abbia ordinato per iscritto tali maggiori dimensioni, se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In tutti i casi nei quali l'impresa, su autorizzazione della DL, per problemi di approvvigionamento e/o per accelerare i tempi di fornitura, utilizzi profili, sezioni o elementi di dimensioni maggiori e/o caratteristiche superiori rispetto a quelli di progetto la contabilizzazione verrà comunque effettuata in base alle misure e caratteristiche previste dal progetto.

Le misure saranno prese in contraddittorio a mano a mano che si procederà all'esecuzione dei lavori e riportate su appositi libretti che saranno firmati dagli incaricati della Direzione Lavori e dell'Impresa.

Resta sempre salva, in ogni caso, la possibilità di verifica e di rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Si precisa inoltre, per maggiore completezza e chiarimento, che tutte le prove di campionatura, di verifica delle caratteristiche meccaniche dei terreni, d'accettazione e qualificazione dei materiali, di controllo delle lavorazioni eseguite, le prove di carico, l'assistenza ai collaudi e in genere qualsiasi verifica e prova atta a dimostrare la qualità della lavorazione, saranno svolte a cura e spese dell'Impresa, sotto il controllo della Direzione Lavori; pertanto l'Impresa dovrà tenere conto nella sua offerta di tali oneri.

Se non previsto esplicitamente nella voce di computo le superfici curve (es. volte), inclinate (es. falde di copertura) e nervate/modanate (es. presenza di decorazioni, costolature, nervature ecc.) verranno computate sulla area della proiezione in pianta (per elementi ad andamento prevalentemente orizzontale) e/o sul piano verticale (per pareti murarie, prospetti ecc.) deducendo la superficie dei fori e aperture.

Se non previsto ed indicato diversamente verranno inoltre contabilizzate le effettive quantità poste in opera senza conteggiare campionature, sfridi, sovrapposizioni, risvolti ecc.

### **4.3 LAVORI A CORPO**

I lavori compensati "a corpo" saranno controllati in corso d'opera attraverso le misure geometriche, o a peso, o a numero, rilevate dalla Direzione dei Lavori in contraddittorio con l'Appaltatore, e confrontate con le quantità rilevabili dagli elaborati grafici facenti parte integrante ed allegati al Contratto di Appalto.

Per la predisposizione degli Stati di Avanzamento Lavori e per l'emissione delle relative rate d'acconto, il corrispettivo da accreditare negli Stati di Avanzamento Lavori è la parte percentuale del totale del prezzo a corpo risultante da

tale preventivo controllo, effettuato a misura, dalla quale saranno dedotte le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo.

Si precisa inoltre, per maggiore completezza e chiarimento, che tutte le prove di campionatura, di verifica delle caratteristiche meccaniche dei terreni, d'accettazione e qualificazione dei materiali, di controllo delle lavorazioni eseguite, le prove di carico, l'assistenza ai collaudi e in genere qualsiasi verifica e prova atta a dimostrare la qualità della lavorazione, saranno svolte a cura e spese dell'Appaltatore, sotto il controllo della Direzione dei Lavori; pertanto l'Appaltatore dovrà tenere conto nella sua offerta di tali oneri.

A completamento avvenuto delle opere a corpo, risultante da apposito Verbale di constatazione redatto in contraddittorio con l'Appaltatore, la Direzione dei Lavori provvederà, con le modalità suddette, al pagamento del residuo, deducendo sempre le prescritte trattenute di Legge e le eventuali risultanze negative (detrazioni) scaturite dalle operazioni e dalle verifiche effettuate dalla Commissione di Collaudo.

#### **4.4 LAVORI IN ECONOMIA**

Le prestazioni in economia dovranno essere assolutamente eccezionali e potranno adottarsi solo per lavori del tutto marginali. In ogni caso saranno contabilizzate soltanto se riconosciute oggetto di un preventivo ordine ed autorizzazione scritti della Direzione Lavori.

#### **4.5 NOLEGGI**

I noli si intendono implicitamente compresi nei prezzi delle opere e/o delle prestazioni. Devono essere espressamente richiesti, con ordine scritto, dalla Direzione dei Lavori e sono retribuibili solo se imputabili a situazioni non prevedibili in sede di progetto o esplicitamente previsti nelle voci e quantità del computo di progetto.

Le macchine ed attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro funzionamento. Sono a carico esclusivo dell'Impresa la manutenzione degli attrezzi e delle macchine affinché siano in costante efficienza.

Il nolo si considera per il solo tempo effettivo, ad ora o a giornata di otto ore, dal momento in cui l'oggetto noleggiato viene messo a disposizione del committente, fino al momento in cui il nolo giunge al termine del periodo per cui è stato richiesto.

Nel prezzo sono compresi: i trasporti dal luogo di provenienza al cantiere e viceversa, il montaggio e lo smontaggio, la manodopera, i combustibili, i lubrificanti, i materiali di consumo, l'energia elettrica, lo sfrido e tutto quanto occorre per il funzionamento dei mezzi.

I prezzi dei noli comprendono le spese generali e l'utile dell'imprenditore.

Per il noleggio verrà corrisposto soltanto il prezzo per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perditempo.

#### **4.6 OPERE PROVVISORIALI**

I prezzi delle opere provvisorie comprendono le spese di trasporto a piè d'opera dal luogo di provenienza, lo sfrido, il deperimento, la lavorazione dei materiali, il montaggio, la manutenzione, lo smontaggio, il carico, lo scarico e l'accatastamento nei luoghi indicati nell'ambito del cantiere.

Il legname o la struttura metallica tubolare potranno essere nuovi od usati, purché idonei allo scopo cui sono destinati e rispondenti alle normative generali in vigore.

Sia nel montaggio che nelle rimozioni delle opere provvisorie è compreso ogni onere e magistero per eseguire il lavoro nel rispetto delle vigenti norme sulla sicurezza dei cantieri nonché la pulizia dei materiali usati.

Nel caso di esecuzione di ponteggi per i quali non sia previsto il progetto l'Appaltatore è comunque obbligato a redigere a proprie spese, ed a tenere in cantiere, un progetto con disegno esecutivo del ponteggio stesso firmato dal Direttore Tecnico della Ditta e/o dal Responsabile del cantiere.

Il disegno esecutivo riporterà, oltre al numero degli impalcati, tutte le indicazioni sul tipo di ponteggio montato, i piani del ponteggio che possono essere usati contemporaneamente, l'indicazione degli ancoraggi, degli appoggi e dei sovraccarichi massimi ammissibili.

I ponteggi, nel caso di contabilizzazione al mq, verranno misurati in proiezione verticale di facciata, calcolando la loro

effettiva superficie moltiplicando:

- base, determinata misurando l'effettiva estensione orizzontale di ogni singola facciata del ponteggio;
- altezza, misurata dal piano di appoggio all'ultimo parapetto superiore.

Nel caso di sbalzi, passi carrai, stilate sospese, e comunque qualora le necessità del cantiere richiedano la sospensione di una stilata verticale, il ponteggio viene misurato vuoto per pieno, come se fosse continuo.

Qualora siano necessari o previsti elementi parasassi o mantovane, questi verranno computati a metro lineare.

I ponteggi interni, ove previsto il computo al mc, saranno valutati in base alla superficie effettiva di base moltiplicata per l'altezza media del ponteggio.

Il periodo di noleggio si conteggia dall'effettivo inizio delle lavorazioni fino al termine delle stesse; per le frazioni di mese il periodo di noleggio deve essere calcolato in proporzione ai giorni di utilizzo del ponteggio stesso che, prima di poter essere utilizzato, deve risultare completo in tutte le sue parti e deve essere stato approvato dal Coordinatore per la Sicurezza.

Il nolo dovuto ad eventuali ritardi dell'Appaltatore rispetto ai tempi stabiliti nel crono programma non sarà contabilizzato.

## **4.7 MURATURE IN GENERE E CONGLOMERATI CEMENTIZI**

### **4.7.1 MURATURE IN GENERE (NON IN CALCESTRUZZO GETTATO IN OPERA)**

Tutte le murature in genere saranno computate geometricamente, a volume od a superficie, secondo le indicazioni contenute negli articoli di Elenco Prezzi, in base a misure prese sul vivo dei muri, esclusi cioè gli intonaci.

Sarà fatta deduzione di tutti i vuoti di luce superiore a 1,00 m<sup>2</sup> e dei vuoti di canne fumarie, canalizzazioni, ecc., che abbiano sezione superiore a 0,25 m<sup>2</sup>.

Gli articoli di Elenco per le murature comprendono tutti gli oneri atti a dare l'opera compita a regola d'arte ed in particolare anche gli oneri sottoelencati:

- formazione di piattabande in muratura, spalle, pilastri, mazzette, sguinci, strombature, incassature, ammorsature, canne, ecc.;
- esecuzione di murature a pianta curva, di volte, archi ecc.;
- fornitura e posa in opera di controtelai in legno abete nei vani di porte interne.

Si intendono compresi gli oneri per centinature per archi o volte fino a 2,00 m di luce retta.

### **4.7.2 CONGLOMERATI CEMENTIZI**

I conglomerati cementizi, siano essi di fondazione od in elevazione, semplici od armati, normali o precompressi, saranno computati a volume con metodi geometrici, secondo i corrispondenti tipi e classi, in base alle prescrizioni di cui alle precedenti Norme Tecniche, effettuando le misurazioni di controllo sul vivo, esclusi gli intonaci ove prescritti e dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetrati, che dovranno essere contabilizzati con i relativi articoli previsti dall'Elenco prezzi, ma non i vuoti della armatura in acciaio lenta o precompressa.

Le strutture d'impalcato alleggerite con vuoti saranno computate per il volume effettivo di calcestruzzo con la deduzione dei vuoti e le casseforme, in qualsiasi modo realizzate, saranno contabilizzate con i relativi articoli d'Elenco prezzi applicati all'intera superficie bagnata.

Gli articoli d'Elenco prezzi comprendono tutti gli oneri descritti nelle presenti Norme Tecniche ed in particolare:

- la fornitura a piè d'opera di tutti i materiali occorrenti (aggregati, leganti, acqua, aggiunte minerali, additivi aeranti, fluidificanti, superfluidificanti, iperfluidificanti, acceleranti, ritardanti, ecc.); la mano d'opera, i ponteggi e le impalcature, le attrezzature e macchinari per la confezione, l'eventuale esaurimento dell'acqua nei casseri, la sistemazione della carpenteria e delle armature metalliche, l'esecuzione dei getti da effettuare senza soluzione di continuità così da evitare ogni ripresa impiegando anche manodopera su più turni ed in giornate festive; la vibrazione, la predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature ecc.;

- il taglio di filo, chiodi, reggette con funzione di legatura di collegamento casseri con la sigillatura degli incavi e la regolarizzazione delle superfici di getto; le prove e i controlli, con la frequenza indicata nelle presenti Norme o prescritta dalla Direzione Lavori e quant'altro occorra per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

È previsto inoltre che nel caso di sospensione dei getti per effetto di un abbassamento della temperatura atmosferica l'Impresa non abbia diritto a nessun risarcimento, come pure non possa richiedere alcun compenso per particolari accorgimenti da adottarsi nel caso di esecuzione di getti a basse temperature.

In merito alla valutazione della penale prevista, nel caso che la resistenza caratteristica riscontrata risultasse minore rispetto a quella della classe indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto, la Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista, effettuerà una determinazione sperimentale della resistenza meccanica del conglomerato cementizio in opera e successivamente una verifica della sicurezza.

Saranno inoltre a carico dell'Impresa gli oneri relativi alle indagini ed le spese tecniche relative alle necessarie verifiche.

Nel caso che tale verifica dia esito positivo, il conglomerato cementizio verrà accettato, ma il lotto non soddisfacente i requisiti, verrà opportunamente decurtato (tenendo conto anche della eventuale minore durabilità) con un minimo del 15% del suo valore.

Qualora la resistenza caratteristica riscontrata risulti minore di quella richiesta di più del 10% o, in ogni caso, la struttura con garantisca le prestazioni richieste dal progetto e dalla normativa vigente, l'Impresa sarà tenuta, a sua totale cura e spese, alla demolizione e rifacimento dell'opera oppure all'adozione di quei provvedimenti che, proposti dalla stessa, per diventare operativi, dovranno essere formalmente approvati dalla Direzione Lavori, d'intesa con il Progettista.

Nessun indennizzo sarà dovuto all'Impresa se la classe di resistenza risulterà maggiore di quella indicata nei calcoli statici e nei disegni di progetto.

Le stesse modalità verranno applicate ai manufatti prefabbricati.

Nelle opere in cui venissero richiesti giunti di dilatazione o contrazione o giunti speciali aperti a cuneo, secondo i tipi approvati dalla Direzione Lavori, l'onere relativo all'esecuzione della sede del giunto compreso quello di eventuali casseforme, s'intende compreso negli articoli di Elenco per le murature in genere ed i conglomerati cementizi.

#### **4.8 OPERE IN CARPENTERIA METALLICA**

Ogni opera metallica per la quale sia prevista una valutazione a peso dovrà essere pesata, se possibile, presso una pubblica pesa, prima della sua posa in opera e ciò alla presenza della Direzione dei Lavori e con ogni onere a carico dell'Appaltatore. Resta inteso che dal peso saranno escluse zincature, verniciature e pitturazioni.

Qualora tale procedura non venga rispettata il peso verrà valutato in sede di liquidazione, dalla Direzione dei Lavori e, qualora l'appaltatore non intenda accettarlo, dovrà assumersi tutti gli oneri che siano necessari alla prescritta diretta verifica.

Nei prezzi dei lavori in metallo è compreso qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montaggio e posizione in opera.

Sono pure compresi e compensati, se non espressamente esclusi nelle voci di elenco:

- tutte le lavorazioni quali le forature (anche in sito per permettere il successivo montaggio di elementi non strutturali); le saldature; le piegature a caldo; le bullonerie; le piastre; gli eventuali adattamenti in sito ecc.
- l'esecuzione dei necessari fori ed incastri nelle murature e pietre da taglio, le impiombature e suggellature, le malte ed il cemento, nonché la fornitura del piombo per le impiombature;
- la coloritura, il tiro ed il trasporto in alto, ovvero la discesa in basso, e tutto quanto è necessario per dare i lavori compiuti in opera a qualsiasi altezza;
- tutte le forature, tagli, lavorazioni ecc., occorrenti per collegare le teste di tutte le travi dei solai con tondini, tiranti, cordoli in cemento armato, ovvero per applicare chiavi, coprichiavi, chiavarde, staffe, avvolgimenti, bulloni, chiodature ecc., tutte le opere per assicurare le travi ai muri di appoggio, ovvero per collegare due o tre travi tra di loro ecc.;
- gli sfridi;
- le finiture con sabbiature, sgrassatura, zincatura e verniciatura secondo i cicli previsti.



Le opere in acciaio si misurano a peso dell'acciaio "nero" risultante dalla somma dei pesi riportate nelle distinte delle tavole del progetto esecutivo. La contabilizzazione delle opere medesime, qualora già non fosse "a corpo", avviene attraverso la moltiplicazione del peso misurato come sopra per il relativo prezzo di contratto. Il peso specifico dell'acciaio "nero" ai fini della misura è di 7850 kg/mc.

Non possono pertanto essere contabilizzati il peso di bulloni, dei cordoni di saldatura, degli sfridi, della zincatura, e di quant'altro non ricadente nella definizione di cui al paragrafo precedente.

#### **4.9 TIRANTI DI ANCORAGGIO**

Saranno contabilizzati con i relativi articoli di elenco prezzi, che comprendono oltre alle forniture e lavorazioni ivi richiamate, tutti gli oneri e le prescrizioni delle presenti Norme ed in particolare:

- i ponteggi e le impalcature occorrenti per l'esecuzione del preforo a qualsiasi altezza;
- l'esecuzione di un adeguato numero di tiranti preliminari di prova, la loro ripetizione nel caso l'Impresa proponga di variare nel corso dei lavori la metodologia esecutiva sperimentata ed approvata inizialmente;
- le iniezioni preventive di intasamento all'interno del foro con miscele e modalità approvate dalla Direzione Lavori in presenza di falde artesiane e di terreni particolarmente permeabili;
- tutte le prove ed analisi per la determinazione dell'aggressività dell'ambiente attraversato dai tiranti;
- tutte le prove di controllo sulla resistenza degli acciai utilizzati per i tiranti;
- tutte le prove per il controllo della fluidità, dell'essudazione e della resistenza a compressione della miscela utilizzata nelle iniezioni a bassa pressione o ripetute in pressione.

I prefori saranno computati in base alla loro effettiva profondità, misurata dal paramento esterno della parete sulla quale si attesta il tirante fino al fondo del foro; i tiranti di acciaio e le relative piastre saranno computati in base al loro peso effettivo; le iniezioni saranno computate in base all'effettiva lunghezza del preforo iniettato ed in rapporto al diametro dello stesso.

In presenza di iniezioni ripetute in pressione si considera tratto attivo (fondazione) del tirante esclusivamente il bulbo.

I relativi articoli comprendono inoltre il riempimento anticorrosivo posto a protezione del tratto libero. In presenza di iniezioni a gravità si considera tratto attivo (fondazione) del tirante l'intero volume del preforo.

#### **4.10 OPERE IN LEGNO MASSICCIO E LAMELLARE**

Le opere in legno massiccio e lamellare costituite da elementi di qualsiasi natura e spessore saranno valutate considerando il volume effettivo degli elementi, senza detrarre il volume dei fori né quello asportato per eventuali lavorazioni alle teste.

Nel prezzo è compreso l'onere per ogni opera, foratura e sagomatura, occorrente per dare l'opera completamente finita a regola d'arte.

Nel prezzo è inoltre compreso l'onere per eventuali impalcature provvisorie di sostegno di qualsiasi entità, l'esecuzione dei necessari fori ed incastri, la realizzazione dei trattamenti previsti, il tiro ed il trasporto in alto, ovvero la discesa in basso, e tutto quanto è necessario per dare i lavori compiuti in opera a qualsiasi altezza.

#### **4.11 OPERE IN PIETRA**

Se valutate a mq o mc si misurano in base al minimo rettangolo o parallelepipedo circoscritto al pezzo lavorato.

I relativi articoli d'Elenco prezzi comprendono anche la levigatura e lucidatura delle superfici in vista, le grappe eventualmente occorrenti per la posa in opera, nonché per le soglie sagomate, il battente costituito da listelli incassati nelle stesse, eventuali smussi agli spigoli e la malta d'allettamento.