

Provincia di Prato

COMUNE DI PRATO
COMUNE DI POGGIO A CAIANO
CAMERA DI COMMERCIO PRATO



PROGETTAZIONE DI UN NUOVO PONTE CICLO-PEDONALE NELLA SEDE DEL "PONTE LEOPOLDO II" E COLLEGAMENTO CICLABILE TRA CASCINE DI TAVOLA E LA VILLA MEDICEA DI POGGIO A CAIANO

PROGETTO ESECUTIVO

Area Tecnica Servizio Assetto
e Gestione del Territorio
Direttore Rossella Bonciolini

R.U.P.
Arch. Nicola Serini

Gruppo di progettazione
Ing. Guido Lenzi
Ing. Alessandro Busca
Arch. Andrea Bellini
Capogruppo
Arch. Giorgio Pasquini



PROGETTO DI UN
NUOVO PONTE
CICLO PEDONALE **PL2**

CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO TITOLO II

Scala	Data	Elaborato. n°	Rev.
varie	10-11-2016	CSA2	00

AGGIORNAMENTI

rev.	Descrizione	Data	Note
00	emissione	10-11-2016	

PROGETTISTI

Arch. Andrea Bellini
Ing. Alessandro Busca
Ing. Guido Lenzi
Arch. Giorgio Pasquini

INDICE

1	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	9
1.1	GENERALITÀ.....	9
1.2	MARCHIO CE	9
1.3	MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE	9
1.4	MATERIALI E PRODOTTI PERICOLOSI.....	10
1.5	ACQUA.....	10
1.6	CALCE.....	10
1.6.1	Leganti idraulici.....	10
1.7	ADDITIVI.....	11
1.8	MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI	11
1.8.1	Aggregati per malte	11
1.8.2	Aggregati per calcestruzzo.	12
1.8.3	Granulometria	12
1.8.4	Aggregati per sovrastrutture stradali.....	13
1.8.5	Aggregati per materiali non legati o legati con leganti idraulici (UNI EN 13242).....	13
1.8.6	Aggregati per fondi e sottofondi stradali – miscele non legate.....	14
1.8.7	Aggregati per sovrastrutture stradali – Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali	15
1.9	PIETRA NATURALE	16
1.10	MANUFATTI DI CEMENTO.....	16
1.11	MATERIALI FERROSI.....	17
1.11.1	Acciai per impieghi strutturali.....	17
1.12	CALCESTRUZZI.....	18
1.13	PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI.....	18
1.14	TUBI.....	18
1.14.1	Tubi di cemento semplice	18
1.14.2	Tubi di cemento armato ordinario	19
1.14.3	Tubi di cemento armato precompresso	19
1.15	LEGNAMI	20

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	1 di 105

2	MOVIMENTAZIONE TERRE.....	20
2.1	PIANIFICAZIONE DEI LAVORI.....	20
2.2	DISCARICHE E LUOGHI DI DEPOSITO.....	20
2.3	CAVE DI PRESTITO.....	21
2.4	IMPIANTI DI PRODUZIONE DI MATERIALI RICICLATI	21
2.4.1	Requisiti degli impianti di produzione	21
2.4.2	Impianti a prodotto costante	22
2.5	ESECUZIONE LAVORI	22
2.5.1	Smacchiamento.....	22
2.5.2	Scoticamento.....	22
2.5.3	Scavi.....	22
2.5.3.1	Scavi di sbancamento.....	22
2.5.3.2	Scavi a sezione ristretta – scavi di fondazione	23
2.5.3.3	Reimpiego dei materiali di scavo	23
2.6	CORPO DEL RILEVATO	23
2.6.1	Materiali costituenti.....	23
2.6.1.1	Materiali sciolti naturali	23
2.6.1.2	Materiali riciclati	24
2.6.2	Posa in opera	24
2.6.3	Compattazione	25
2.6.4	Protezione	26
2.6.5	Geotessile	26
2.6.6	Controlli	27
2.6.7	Riempimenti	29
3	DEMOLIZIONI.....	30
3.1	MURATURE.....	30
4	OPERE STRUTTURALI	30
4.1	ONERI DI DEPOSITO DEL PROGETTO ESECUTIVO	30
4.2	OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE E ARMATO.....	30
4.2.1	Specifiche tecniche	31
4.2.2	Durabilità	31
4.2.3	Prescrizioni operative – Getto, stagionatura e disarmo	31

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	2 di 105

4.2.4	Controlli	32
4.2.5	Realizzazione dei pali di fondazione.....	33
4.3	ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO	35
4.3.1	Specifiche tecniche.....	35
4.3.2	Controlli di accettazione in cantiere	36
4.4	CARPENTERIE IN LEGNO PER OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO	36
4.4.1	Specifiche tecniche.....	36
4.4.2	Controlli	36
4.5	STRUTTURE METALLICHE	36
4.5.1	Premessa.....	36
4.5.2	Prescrizioni di carattere generale	36
4.5.3	Specifiche relative alle opere in acciaio – Materiali	38
4.5.4	Prescrizioni di esecuzione	39
4.5.5	Controlli di accettazione in cantiere	40
4.5.6	Trattamenti superficiali.....	40
4.5.7	Prova di pre-collaudo.....	41
4.5.8	Prova di collaudo	42
4.5.9	Specifiche relative agli ancoraggi	42
4.5.10	Tiranti per stralli	42
4.5.11	Parapetti	42
4.5.12	Apparecchi di appoggio	42
5	PAVIMENTAZIONI E RIVESTIMENTI DEL PONTE	43
5.1	PAVIMENTAZIONI IN GRIGLIATO	43
5.2	PAVIMENTAZIONI IN LEGNO	43
5.3	CARENATURA INTRADOSSALE DEL PONTE	44
6	MURI	44
6.1	MURI IN PIETRAMA A SECCO.....	45
6.2	MURI DI PIETRAMA E MALTA	45
6.3	MURI IN PIETRA DA TAGLIO.....	46
6.4	MURI IN CALCESTRUZZO	47
6.5	MURI IN GABBIONI	47

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	3 di 105

6.6	MALTE.....	47
7	PAVIMENTAZIONI.....	48
7.1	FONDAZIONI.....	48
7.1.1	Formazione di strati in misto granulare	48
7.1.2	Caratteristiche dei materiali naturali di cava.....	48
7.2	PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERANTE ECOLOGICO CERTIFICATO e BREVETTATO, TIPO: BIO STRASSE.....	50
7.3	PAVIMENTO IN CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO	51
8	SISTEMAZIONI IDRAULICHE	51
8.1	TUBAZIONI.....	51
8.1.1	Caratteristiche dei materiali.....	51
8.1.2	Modalità di posa in opera	52
8.2	POZZETTI A CADITOIA.....	52
8.3	FINITURE STRADALI.....	53
8.3.1	Cordoli e zanelle.....	53
8.3.2	Massetto marciapiede	54
9	SEGNALETICA STRADALE.....	54
9.1	SEGNALETICA ORIZZONTALE	54
9.1.1	Pitture.....	54
9.2	SEGNALETICA VERTICALE	58
10	ESECUZIONE DI OPERE A VERDE.....	60
10.1	MATERIALE VEGETALE	60
10.1.1	Alberi	60
10.1.2	Arbusti e cespugli	61
10.2	ALTRE PIANTE	61
10.3	SEMENTI.....	61
10.4	MATERIALE AGRARIO	62
10.4.1	Terra di coltivo.....	62
10.4.2	Substrato di coltivazione.....	62

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	4 di 105

10.4.3	Fertilizzanti.....	62
10.4.4	Ammendanti, correttivi e fitofarmaci	62
10.5	SISTEMI DI ANCORAGGIO	63
10.6	MATERIALE PACCIAMANTE.....	63
10.7	APPROVVIGIONAMENTO DI ACQUA	63
10.8	ABBATTIMENTO DI ALBERI ESISTENTI	63
10.9	SALVAGUARDIA DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE	64
10.10	DELIMITAZIONE DEGLI AMBITI DI INTERVENTO	64
10.10.1	Lavorazione del Terreno.....	64
10.10.2	Operazioni di Scavo.....	65
10.10.3	Buche per la messa a dimora di alberi e arbusti.....	65
10.10.4	Utilizzo della terra di coltivo	65
10.10.5	Messa a dimora di alberi e arbusti.....	65
10.10.6	Messa a dimora e semina di piante erbacee	66
10.10.7	Formazione del Prato	66
10.10.8	Manutenzione delle opere nel periodo di garanzia	67
	PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RESTAURO DEI MANUFATTI	67
11	PARTE PRIMA - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI	67
11.1	Materiali per la pulizia di manufatti lapidei - Generalità.....	67
11.2	Acqua per lavori di puliture.....	68
11.3	Spugne per puliture a secco	68
11.4	Carta giapponese.....	68
11.5	Prodotti chimici.....	68
11.6	EDTA bisodico.....	69
11.7	EDTA tetrasodico.....	69
11.8	Acido citrico	69
11.9	Carbossimetilcellulosa	69
11.10	Acido poliacrilico.....	69

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	5 di 105

11.11	Ammina di cocco	69
11.12	Ammoniaca	69
11.13	Enzimi	70
11.14	Formulati	70
11.15	Carbonato e Bicarbonato di Ammonio	70
11.16	Tensioattivi e Detergenti	71
11.17	Resine a scambio ionico	71
11.18	Addensanti e Supportanti	72
11.19	Addensanti cellulosici	72
11.20	Idrossi metil-propil cellulosa	72
11.21	Solvent-gel	72
11.22	Polpa di cellulosa.....	72
11.23	Argille assorbenti.....	73
11.24	Impacchi biologici.....	73
11.25	Apparecchiatura Laser	73
11.26	Biocidi.....	74
11.27	Alghicidi, battericidi, fungicidi.....	74
11.27.1	Composti inorganici.....	74
11.27.2	Composti organici.....	74
11.27.3	Composti fenolici e derivati.....	74
11.27.4	Composti dell'ammonio quaternario	74
11.28	Erbicidi.....	75
11.29	Materiali impregnanti – Generalità	75
11.29.1	Impregnanti per il consolidamento.....	76
11.29.2	Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione.....	76
12	PARTE SECONDA - NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI.....	77
12.1	PRECONSOLIDAMENTI	77
12.1.1	Premessa metodologica.....	77

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	6 di 105

12.1.2	Operazioni di preconsolidamento dei materiali lapidei.....	77
12.1.2.1	Ponti di malta magra e/o resina.....	77
12.1.2.2	Velinatura con garza di cotone o carta giapponese	78
12.1.2.3	Nebulizzazione di miscele di silicato di etile.....	78
12.2	PULITURE.....	78
12.2.1	Premessa metodologica	78
12.2.2	Operazioni di Pulitura materiali lapidei.....	79
12.2.2.1	Generalità ed esecuzione di prove di pulitura	79
12.2.2.2	Sistemi di pulitura per gli elementi lapidei	80
12.2.2.3	Pulitura mediante spray di acqua a bassa pressione.....	80
12.2.2.4	Pulitura mediante macchina idropulitrice a pressione controllata	80
12.2.2.5	Pulitura mediante spray d'acqua nebulizzata.....	81
12.2.2.6	Pulitura mediante acqua atomizzata	81
12.2.2.7	Pulitura meccanica (spazzole, bisturi, spatole ecc.).....	81
12.2.2.8	Pulitura mediante impacchi	82
12.2.2.9	Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione di sali solubili mediante applicazione di compresse assorbenti	82
12.2.2.10	Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche	83
12.2.2.11	Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio	85
12.2.2.12	Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Resine a scambio ionico.....	86
12.2.2.13	Pulitura mediante impacchi biologici.....	86
12.2.2.14	Pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi (sistema Jos e Rotec)	87
12.2.2.15	Pulitura Laser	87
12.2.3	Rimozione macroflora.....	88
12.2.3.1	Generalità.....	88
12.2.3.2	Erbicidi.....	89
12.2.3.3	Diserbo da piante superiori	89
12.2.3.4	Disinfestazione da muschi e licheni	90
12.2.3.5	Rimozione microflora.....	90
12.2.3.6	Rimozione della patina biologica.....	91
12.3	AGGIUNTE, INTEGRAZIONI.....	92
12.3.1	Premessa metodologica	92
12.3.2	Operazioni di stuccatura, integrazione dei materiali lapidei (aggiunte).....	92
12.3.2.1	Stuccatura-integrazione di elementi in laterizio.....	92
12.3.2.2	Stuccatura di elementi lapidei	93
12.3.2.3	Risarcimento, stilatura giunti di malta.....	94
12.3.2.4	Malte da restauro	95
12.4	CONSOLIDAMENTI	96

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	7 di 105

12.4.1	Premessa metodologica.....	97
12.4.2	Operazioni di consolidamento di materiali lapidei.....	97
12.4.2.1	Generalità.....	97
12.4.2.2	Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati (mediante perni).....	98
12.4.2.3	Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici.....	99
12.4.2.4	Consolidamento mediante impregnazione a pennello, tampone o rullo.....	100
12.4.3	Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici.....	100
12.4.3.1	Consolidamento (riaggregazione) mediante silicato di etile.....	100
12.4.3.2	Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche).....	101
12.5	PROTEZIONI.....	102
12.5.1	Premessa metodologica.....	102
12.5.2	Operazioni di protezione dei materiali lapidei.....	103
12.5.2.1	Generalità.....	103
12.5.2.2	Applicazione di impregnante idrorepellente.....	103
13	RESTAURO DEGLI ELEMENTI IN GHISA.....	104
13.1	Generalità.....	104
13.2	Operazioni di restauro degli elementi in ghisa.....	104
13.2.1	Pulizia manuale.....	104
13.2.2	Lavaggio manuale.....	104
13.2.3	Trattamenti inibitori di corrosione.....	104
13.2.4	Trattamenti di protezione superficiale.....	104
13.2.5	Modalità di prova, controllo e collaudo.....	105
14	SCAVI ARCHEOLOGICI.....	105

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	8 di 105

1 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

1.1 GENERALITÀ

I materiali, i manufatti e le forniture in genere da impiegare nelle opere da eseguire dovranno essere delle migliori qualità esistenti in commercio, possedere i requisiti stabiliti dalle leggi e dai regolamenti vigenti in materia ed inoltre corrispondere alle specifiche norme indicate nel presente Capitolato o negli altri atti contrattuali. Essi inoltre, se non diversamente prescritto o consentito, dovranno rispondere alle specificazioni tecniche dei relativi Enti di unificazione e normazione (UNI, EN, ISO, CEI, ecc.) con la notazione che, ove il richiamo del presente testo fosse indirizzato a norme ritirate o sostituite, la relativa valenza dovrà ritenersi rispettivamente prorogata (salvo diversa specifica) o riferita alla norma sostitutiva. Si richiamano peraltro, espressamente, le prescrizioni degli artt.16 e 17 del Capitolato Generale d'Appalto (D.M. 19.04.2000 n.145).

Potranno essere impiegati materiali e prodotti conformi ad una norma armonizzata o ad un benessere tecnico europeo come definiti dalla Direttiva 89/106/CEE, ovvero conformi a specifiche nazionali dei Paesi della Comunità Europea, qualora dette specifiche garantiscano un livello di sicurezza equivalente e tale da soddisfare i requisiti essenziali allegati alla citata direttiva. Salvo diversa indicazione, i materiali e le forniture proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza purché, ad insindacabile giudizio della Direzione dei lavori, ne siano riconosciute l'idoneità e la corrispondenza ai requisiti prescritti.

L'Appaltatore è obbligato a prestarsi, in qualsiasi momento, ad eseguire o a far eseguire presso il laboratorio di cantiere, presso gli stabilimenti di produzione o presso gli Istituti autorizzati, tutte le prove prescritte dal presente Capitolato o dalla Direzione sui materiali impiegati o da impiegarsi, nonché sui manufatti, sia prefabbricati che formati in opera, e sulle forniture in genere. Il prelievo dei campioni, da eseguire secondo le norme UNI, UNI EN, ecc., verrà effettuato in contraddittorio e sarà appositamente verbalizzato.

L'Appaltatore farà sì che tutti i materiali abbiano ad avere, durante il corso dei lavori, le medesime caratteristiche riconosciute ed accettate dalla Direzione. Pertanto, qualora in corso di coltivazione di cave o di esercizio di fabbriche, stabilimenti, ecc. i materiali e le forniture non fossero più rispondenti ai requisiti prescritti, ovvero venissero a mancare e si presentasse quindi la necessità di cambiamenti nell'approvvigionamento, nessuna eccezione potrà accampare l'Appaltatore, né alcuna variazione di prezzi, fermi restando gli obblighi di cui al primo capoverso.

Le provviste non accettate dalla Direzione dei lavori, in quanto ad insindacabile giudizio non riconosciute idonee, dovranno essere immediatamente allontanate dal cantiere, a cura e spese dell'Appaltatore, e sostituite con altre rispondenti ai requisiti richiesti. Lo stesso resta comunque totalmente responsabile in rapporto ai materiali forniti la cui accettazione, in ogni caso, non pregiudica i diritti che l'Amministrazione si riserva in sede di collaudo finale.

1.2 MARCHIO CE

Nel caso in cui i materiali da costruzione debbano garantire il rispetto di uno o più requisiti essenziali di cui all'allegato A del D.P.R. 21.04.1993 n.246, gli stessi dovranno essere dotati di marcatura CE. Tale marcatura sarà indice di:

- conformità alle norme nazionali che recepiscono norme armonizzate (i cui estremi sono riportati nella GUCE e nella GURI);
- conformità, nel caso non esistano norme armonizzate, alle norme nazionali riconosciute dalla Commissione a beneficiare della presunzione di conformità;
- conformità al "Benessere tecnico europeo";

L'attestato di conformità CE rilasciato da parte di un organismo riconosciuto o la dichiarazione di conformità rilasciata dal fabbricante o da un suo mandatario in rapporto alle procedure previste dall'art.7 del D.P.R.246/93, dovrà contenere gli elementi informativi particolarmente elencati all'art.10 dello stesso decreto.

1.3 MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

I materiali ed i prodotti per uso strutturale dovranno rispondere ai requisiti indicati nelle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 14.01.2008 o ad altra normativa tecnica di "comprovata validità", come previsto dalle citate Norme Tecniche, qualora queste non si pronunciasse sullo specifico materiale e/o tecnologia costruttiva. In particolare dovranno essere:

- identificati mediante la descrizione, a cura del fabbricante, del materiale stesso e dei suoi componenti elementari;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 9 di 105

- certificati mediante la documentazione di attestazione che preveda prove sperimentali per misurarne le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche, effettuate da un ente terzo indipendente ovvero, ove previsto, autocertificate dal produttore secondo procedure stabilite dalle specifiche tecniche europee richiamate nelle superiori "Norme Tecniche";
- accettati dal Direttore dei lavori mediante controllo delle certificazioni di cui in precedenza e mediante le prove sperimentali di accettazione previste nelle stesse norme per misurarne le caratteristiche di cui sopra.

Nei casi in cui per i materiali e prodotti per uso strutturale e prevista la marcatura CE ai sensi del D.P.R. 21.04.1993, n. 246, ovvero la qualificazione secondo le superiori norme tecniche, la relativa "attestazione di conformità" dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori. Negli altri casi, l'idoneità sarà accertata attraverso le procedure stabilite dal Servizio Tecnico Centrale che dovranno essere almeno equivalenti a quelle delle corrispondenti norme europee armonizzate ovvero a quelle previste dalle superiori norme.

1.4 MATERIALI E PRODOTTI PERICOLOSI

Ai sensi del D.Lgs. 2.02.2002 n.25, sulla salute e sicurezza dei lavoratori, i materiali ed i prodotti pericolosi (pitture, vernici, impregnanti, malte particolari, ecc.) dovranno essere corredati, da parte del produttore, di apposita "Scheda informativa di sicurezza".

1.5 ACQUA

L'acqua dovrà essere conforme alla norma UNI EN 1008.

E vietato l'impiego di acqua di mare, salvo esplicita autorizzazione (nel caso, con gli opportuni accorgimenti per i calcoli di stabilità). Tale divieto rimane tassativo ed assoluto per i calcestruzzi armati in genere per tutte le strutture inglobanti materiali metallici soggetti a corrosione.

1.6 CALCE

Le calce aeree ed idrauliche dovranno possedere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalle norme vigenti (R.D. 16.11.1939, n.2231) per quanto non incompatibile con la parte armonizzata delle seguenti norme europee recepite dall'UNI:

UNI EN 459-1 - Calci da costruzione. Definizioni, specifiche e criteri di conformità.

UNI EN 459-2 - Calci da costruzione. Metodi di prova.

Calce viva

La calce viva in zolle al momento dell'estinzione dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita e perciò si dovrà provvederla in rapporto al bisogno e conservarla in luoghi asciutti e ben riparati dall'umidità.

Calce idrata in polvere

Dovrà essere confezionata in idonei imballaggi e conservata in locali ben asciutti. Gli imballaggi dovranno portare ben visibili: l'indicazione del produttore, il peso del prodotto e la specifica se trattasi di fiore di calce o calce idrata da costruzione.

Marcatura ed etichettatura

Le calce da impiegarsi per la preparazione di malte per murature, intonaci esterni ed interni e per la produzione di altri prodotti dovranno essere marcate CE. Il sistema di attestazione della conformità sarà del tipo "2". Il simbolo di marcatura CE (da figurare sulla confezione o sui documenti di accompagnamento) dovrà essere accompagnato dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'ente autorizzato; nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore; le ultime due cifre dell'anno di marcatura; numero del certificato di conformità CE o certificato di controllo di produzione di fabbrica (se necessario); riferimento alla norma UNI EN 459-1; descrizione del prodotto e dell'impiego previsto; informazioni sulle caratteristiche pertinenti elencate nel prospetto ZA.1 della norma.

1.6.1 Leganti idraulici

Le calce idrauliche, i cementi e gli agglomeranti cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno avere le caratteristiche ed i requisiti prescritti dalla L.26.05.1965 n.595, e dai DD.MM. 3.06.1968 e 31.08.1972 aventi rispettivamente per oggetto: "Caratteristiche tecniche e requisiti dei leganti idraulici", "Nuove norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova dei cementi", "Norme sui requisiti di accettazione e modalità di prova degli agglomerati cementizi e delle calce idrauliche".

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 10 di 105

Per quanto riguarda i cementi, fatto salvo quanto previsto dal D.M. 3.06.1968 e dal D.M. 20 .11.1984 per i cementi alluminosi e per i cementi per sbarramenti di ritenuta, la composizione, le specificazioni ed i criteri di conformità saranno quelli previsti dalle norme UNI EN sotto riportate, alle quali fa peraltro riferimento il D.M. 14.01.2008 che ha emanato le nuove "Norme Tecniche per le costruzioni" :

UNI EN 197-1 - Cemento. Composizione, specificazioni e criteri di conformità per i cementi comuni.

UNI EN 197-2 - Cemento. Valutazione della conformità.

La fornitura dei leganti idraulici dovrà avvenire in sacchi sigillati, ovvero in imballaggi speciali a chiusura automatica a valvola o ancora alla rinfusa.

Dovranno comunque essere chiaramente riportate, a mezzo stampa nei primi due casi e con documenti di accompagnamento nell'ultimo, le informazioni previste dall'Appendice ZA.4 della norma UNI EN 197-1 ed in particolare: il marchio CE; il numero di identificazione dell'organismo di certificazione; il nome o marchio identificativo del produttore; la sede legale; il nome o marchio identificativo della fabbrica; le ultime due cifre dell'anno di marcatura; il numero del certificato di conformità CE; la norma di riferimento e la denominazione normalizzata (esempio: CEM I 42,5 R).

L'introduzione in cantiere di ogni partita di cemento sfuso dovrà risultare dal Giornale dei lavori .

La conservazione dei materiali dovrà essere effettuata in locali asciutti, approntati a cura dell'Appaltatore, e su tavolati in legname; piu idoneamente lo stoccaggio sarà effettuato in adeguati "silos".

1.7 ADDITIVI

Additivi per calcestruzzi.

materiale aggiunto durante il procedimento di miscelazione del calcestruzzo, in quantità non maggiore del 5% in massa del contenuto di cemento del calcestruzzo, dovrà essere conforme alla parte armonizzata della seguente norma:

UNI EN 934-2 - Additivi per calcestruzzo, malta e malta per iniezione. Additivi per calcestruzzo. Definizioni, requisiti, conformità, marcatura ed etichettatura.

La designazione degli additivi dovrà riportare: il nome e il tipo di additivo; il riferimento alla norma; il codice per identificare il tipo di additivo (numero del prospetto della norma che riporta i requisiti prestazionali, es. UNI EN 934-2:T3.1/3.2). La marcatura CE dovrà essere accompagnata dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'ente autorizzato; nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore; ultime due cifre dell'anno di marcatura; numero del certificato di controllo di produzione in fabbrica; descrizione del prodotto; informazioni sulle caratteristiche pertinenti essenziali di cui al prospetto ZA.1 della norma.

Additivi per malte.

Gli additivi per malte per opere murarie dovranno essere conformi alla parte armonizzata della norma UNI EN 934-3. Per la designazione e la marcatura CE si richiama quanto indicato superiormente per i calcestruzzi

1.8 MATERIALI NATURALI, DI CAVA E ARTIFICIALI

1.8.1 Aggregati per malte

Generalità

Saranno ritenuti idonei alla produzione di malte gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o artificiali (con esclusione, se non diversamente consentito, di materiali provenienti da processi di riciclo), conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 13139 (Aggregati per malta), e aggregati conformi alla norma UNI EN 12620 qualora la certificazione riporti le stesse prove indicate dall'UNI EN 13139.

Gli aggregati dovranno essere assolutamente scevri di materie terrose ed organiche, essere preferibilmente di qualità silicea (in subordine quarzosa, granitica o calcarea), di grana omogenea, stridenti al tatto e dovranno provenire, se naturali, da rocce aventi alta resistenza alla compressione.

Ove necessario saranno lavati con acqua dolce per l'eliminazione delle eventuali materie nocive.

Granulometria

La granulometria degli aggregati, da determinarsi in conformità della UNI EN 933-1.

Gli aggregati per malte da muratura (sabbie) saranno in genere costituiti da grani di dimensioni tali da passare attraverso lo staccio 2 UNI EN 933-2; quelli per intonaci, stuccature, murature da paramento ed in pietra da taglio da grani passanti allo staccio 0,5 UNI EN 933-2.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 11 di 105

Il contenuto dei fini, da determinarsi in conformità della UNI EN 933-1. La granulometria dei filler, da determinarsi in conformità della UNI-EN 933-10.

Requisiti fisici e chimici

I requisiti fisici e chimici degli aggregati saranno conformi alle prescrizioni di progetto e verranno stabiliti con le modalità di cui ai punti 6 e 7 della norma.

Designazione e descrizione

Gli aggregati per malta ed i filler devono essere designati come di seguito: a) provenienza (nome della cava e del punto di estrazione); b) tipo di aggregato (indicazione petrografica o nome commerciale); c) numero della norma; d) dimensione nominale.

Marcatura ed etichettatura – Marcatura CE

Ogni consegna di aggregati dovrà essere accompagnata da una bolla numerata, emessa da o per conto del produttore, nella quale sia dichiarato: a) provenienza; b) regione/luogo di produzione; c) data di consegna; d) designazione; e) se richiesto, massa volumica dei granuli e contenuto massimo di cloruro; marcatura CE se necessario.

Il simbolo di marcatura CE, deve figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento (es. bolla di consegna) e deve essere accompagnato dalle seguenti informazioni:

- numero di identificazione dell'ente di certificazione (solo per i prodotti sotto il sistema 2+);
- nome o marchio identificativo e indirizzo registrato del produttore;
- ultime due cifre dell'anno di affissione della marcatura CE; numero del certificato del controllo di produzione di fabbrica (solo per i prodotti sotto sistema 2+); riferimento alla UNI EN 13139;
- descrizione ed impiego previsto del prodotto;
- informazioni sulle caratteristiche essenziali, elencate nel prospetto ZA.1a o nel prospetto ZA.1b.

Sistema di attestazione di conformità

I sistemi di attestazione di conformità per gli aggregati e filler per malte saranno, conformemente ai prospetti ZA 2A e ZA 2b della norma UNI EN 13139, del tipo "2+" per materiali ove siano richiesti alti requisiti di affidabilità della produzione a garanzia della fornitura e del tipo "4" ove tali requisiti non siano richiesti.

1.8.2 Aggregati per calcestruzzo.

Saranno ritenuti idonei alla produzione di conglomerato cementizio gli aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali o artificiali (con esclusione, ove non diversamente consentito, di materiali provenienti da processi di riciclo) rispondenti alle prescrizioni di cui al paragrafo 11.2.9.2 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" e conformi alla parte armonizzata della norma europea UNI EN 12620 (Aggregati per calcestruzzo).

I materiali naturali dovranno essere costituiti da elementi omogenei, provenienti da rocce compatte, resistenti, non gessose o marnose, né gelive. Tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, sfaldati o sfaldabili e quelle rivestite da incrostazioni.

I pietrischi e le graniglie dovranno provenire dalla frantumazione di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o di calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione ed al gelo. Saranno a spigolo vivo, scevri di materie terrose, sabbia e comunque materie eterogenee ed organiche.

La dimensione massima degli aggregati sarà indicata dal progetto o dalla Direzione dei lavori in base alla resistenza, alla destinazione dei getti ed alle modalità di posa in opera dei calcestruzzi. In ogni caso la dimensione massima degli elementi, per le strutture armate, non dovrà superare il 60% dell'interferro e, per le strutture in generale, il 25% della minima dimensione strutturale. Sarà assolutamente vietato l'impiego di sabbia marina.

1.8.3 Granulometria

La granulometria dell'aggregato, determinata in conformità all'UNI EN 933-1, dovrà soddisfare i requisiti di cui al punto 4.3 dell'UNI EN 12620. Le dimensioni di un aggregato sono specificate da una coppia di stacci di cui al Prospetto 1 della norma scelti tra le tre serie previste (e separate), con la notazione che tali dimensioni devono avere $D/d \geq$

Forma dell'aggregato (a.g.)

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini d'indice di appiattimento (come specificato dall'UNI EN 933-3) e d'indice di forma (come specificato dall'UNI EN 934-4) e riferite alle rispettive categorie "FI" e "SI" di cui ai Prospetti 8 e 9 della UNI EN 12620.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	12 di 105

Resistenza alla frantumazione (a.g.)

La resistenza alla frantumazione dell'aggregato grosso sarà specificata con riferimento al coefficiente "Los Angeles" (categoria "LA") ed al valore d'urto (categoria "SZ") di cui ai Prospetti 12 e 13 della norma superiormente citata, con metodo di prova secondo UNI EN 1097-2.

Resistenza all'usura (a.g.)

Ove richiesta, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente micro-Deval MDE) sarà determinata in conformità alla UNI EN 1097-1 e specificata con riferimento al Prospetto 14 della UNI EN 12620.

Resistenza alla levigabilità e all'abrasione (a.g.)

Ove richiesta (per calcestruzzi destinati a strati di usura nelle pavimentazioni stradali), la resistenza alla levigabilità (valore di levigabilità "VL") ed all'abrasione (valore dell'abrasione "AAV") dell'aggregato grosso sarà determinata secondo UNI EN 1097-8 e riferita ai Prospetti 15 e 16 della UNI EN 12620.

Riferimento a norme UNI

Al fine di individuare i limiti di accettazione delle caratteristiche tecniche degli aggregati sarà fatto riferimento alle norme **UNI 8520-1** - Aggregati per confezione di calcestruzzi. Definizioni, classificazione e caratteristiche. **UNI 8520-2** - Idem. Limiti di accettazione. Designazione, marcatura ed etichettatura

Per quanto riguarda la designazione, gli aggregati dovranno essere indicati come di seguito:

- Origine, produttore ed eventuale deposito;
- Tipo (v. UNI EN 932-3) e dimensione dell'aggregato.

Per quanto riguarda la marcatura e l'etichettatura, la bolla di consegna dovrà contenere le seguenti informazioni:

- Designazione e data di spedizione;
- Numero di serie della bolla e il riferimento alla norma UNI EN 12620.

Marcatura ed etichettatura CE

Per la marcatura CE e l'etichettatura v. quanto riportato nell'Appendice ZA.3 della norma UNI EN 12620. Il simbolo di marcatura CE dovrà figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento (es. bolla di consegna) e dovrà essere accompagnato da informazioni del tipo di quelle riportate al Sistema di attestazione di conformità precedente.

1.8.4 Aggregati per sovrastrutture stradali.**Generalità**

Quando per gli strati di fondazione o di base della sovrastruttura stradale sia disposto di impiegare detriti di cava o di frantoio o altro materiale, questo dovrà essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile, né plasticizzabile), nonché privo di radici e di sostanze organiche.

La granulometria del materiale, qualora diversa dalle prescrizioni del presente Capitolo, sarà indicata dalla Direzione dei lavori o dall'Elenco.

Per l'accettazione del materiale dovrà farsi riferimento ai "Criteri e requisiti di accettazione degli aggregati impiegati nelle sovrastrutture stradali" di cui alle Norme C.N.R. 139/1992 ed in ogni caso, specie per le prescrizioni più restrittive, alle seguenti norme di unificazione.

UNI EN 13242 - Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade.

UNI EN 13285 - Miscele non legate. Specifiche.

UNI EN 13043 - Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico.

1.8.5 Aggregati per materiali non legati o legati con leganti idraulici (UNI EN 13242).**Granulometria**

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregati dovranno essere specificate utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma e separate da un rapporto tra la relativa dimensione della staccio superiore "D" e quella dello staccio inferiore "d" non minore di 1,4.

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati grossi, fini ed in frazione unica, dovranno essere conformi ai requisiti riportati al punto 4.3 della norma.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 13 di 105

Forma dell'aggregato grosso

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini di coefficiente di appiattimento (come specificato nella EN 933-3) e di coefficiente di forma (come specificato nella EN 933-4) e riferita alle rispettive categorie "FI" e "SI" di cui ai prospetti 5 e 6 della UNI EN 13242.

Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

La resistenza alla frammentazione dovrà essere determinata in termini di coefficiente Los Angeles come specificato nella norma EN 1097-2; detto coefficiente dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (LA) specificata nel prospetto 9 della UNI EN 13242.

Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Se richiesto, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente di usura micro-Deval, MDE), determinato secondo EN 1097-1, sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (MDE) specificata nel prospetto 11 della norma.

Requisiti di curabilità

Per la resistenza al Sonnenbrand e al gelo-disgelo sarà fatto riferimento al punto 7 della norma. Se richiesto, il valore di assorbimento di acqua sotto forma di prova di screening dovrà essere determinato secondo EN 1097-6, punto 7, o appendice B; in questo caso se l'assorbimento di acqua non è maggiore al massimo di un valore dello 0,5%, si dovrà presumere che l'aggregato sia resistente al gelo-disgelo (v. prospetto 17 UNI EN 132). Se la resistenza al gelo-disgelo sarà determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, essa sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (F) o (MS – categoria per l'integrità massima del solfato di magnesio) di cui ai prospetti 18 e 19 della norma (v. peraltro l'appendice B).

Designazione, marcatura ed etichettatura. Marcatura CE

Per quanto riguarda la designazione, gli aggregati dovranno essere indicati come di seguito:

- Origine, produttore ed eventuale deposito;
- Tipo (v. UNI EN 932-3) e dimensione dell'aggregato.

Per quanto riguarda la marcatura e l'etichettatura, la bolla di consegna dovrà contenere le seguenti informazioni:

- Designazione e data di spedizione;
- Numero di serie della bolla e il riferimento alla norma UNI EN 12620

Per la marcatura CE, vale quanto riportato nell'Appendice ZA, punto ZA.3 della norma. Il simbolo di marcatura dovrà figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento e dovrà essere integrato dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'Organismo di certificazione (solo per i prodotti sotto sistema "2+"); nome e marchio identificativo ed indirizzo registrato del produttore; le ultime due cifre dell'anno in cui si applica la marcatura; numero del certificato di controllo della produzione in fabbrica (solo per il sistema "2+"); riferimento alla norma; informazioni sui requisiti essenziali rilevanti elencati nel prospetto ZA.1.

Sistema di attestazione

Con riferimento al punto ZA.2 della norma, il sistema di attestazione degli aggregati sarà del tipo "2+" per attestati destinati ad impieghi con alti requisiti di sicurezza (dove sia richiesto l'intervento di terzi); per impieghi senza altri requisiti di sicurezza sarà del tipo "4".

1.8.6 Aggregati per fondi e sottofondi stradali – miscele non legate

Ove particolarmente previsto in Elenco od ove prescritto dalla Direzione dei lavori le miscele in argomento dovranno possedere i requisiti di cui al punto 4 della norma UNI EN 13285, e inoltre, quando richiesto, le proprietà conformi alla norma UNI EN 13242.

Designazione della miscela

Le miscele definite dalla norma UNI EN 13285 dovranno essere designate e selezionate da uno dei tipi di cui alla Tab. 13 di seguito riportata (d = 0):

Curva granulometrica generale

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.: 14 di 105
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	

Con riferimento agli stacci di classificazione di cui alla Tab. 14, la percentuale in massa (determinata secondo UNI EN 933-1) del passante lo staccio A, lo staccio B, lo staccio C, lo staccio E, lo staccio F, e lo staccio G, dovrà rientrare nel campo granulometrico generale corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15. Inoltre, per le categorie GA, GB, GC, GO e GP il valore medio calcolato a partire da tutte le granulometrie dovrà rientrare nel campo granulometrico del valore dichiarato dal fornitore corrispondente alla categoria selezionata dalla Tab. 15.

Designazione e descrizione

La designazione delle miscele dovrà includere almeno le seguenti informazioni: riferimento alla norma; provenienza; classe granulometrica – valore della dimensione dello staccio maggiore (D); tipo (i) di aggregato utilizzato (i) nella miscela.

1.8.7 Aggregati per sovrastrutture stradali – Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali

Dovranno rispondere sia per l'aggregato grosso che per l'aggregato fine (1) ed il filler (1) ai requisiti riportati nella norma UNI EN 13043.

Granulometria

Tutti gli aggregati dovranno essere descritti in termini di dimensioni dell'aggregato tramite la designazione d/D e dovranno soddisfare i requisiti granulometrici più avanti specificati. Le dimensioni dell'aggregato dovranno essere espresse utilizzando le dimensioni nominali indicate nel prospetto 1 della norma e separate da un rapporto tra la relativa dimensione dello staccio superiore "D" e quella dello staccio inferiore "d" non minore di 1,4.

I requisiti generali di granulometria, per gli aggregati grossi, fini ed in frazione unica dovranno essere conformi a quelli riportati al punto 4.1.3 della norma.

Forma dell'aggregato grosso

La forma dell'aggregato grosso sarà determinata in termini di coefficiente di appiattimento (come specificato nella EN 933-3) e di coefficiente di forma (come specificato nella EN 933-4) e riferita alle rispettive categorie "FI" e "SI" di cui ai prospetti 7 e 8 della UNI EN 13043.

Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso

La resistenza alla frammentazione dovrà essere determinata in termini di coefficiente Los Angeles come specificato nella norma EN 1097-2; detto coefficiente dovrà essere dichiarato in conformità alla categoria pertinente (LA) specificata nel prospetto 11 della UNI EN 13043. Dove richiesto, il valore d'urto, determinato secondo EN 1097-2, punto 6, sarà dichiarato in conformità alla categoria pertinente (SZ) specificata nel prospetto 12 della norma.

Resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali – Abrasione superficiale

Ove richiesto, la resistenza alla levigazione dell'aggregato grosso per manti superficiali (valore di levigabilità – PSV) sarà determinata secondo EN 1097-8. Detto resistenza dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria di cui al prospetto 13 della norma. La resistenza all'abrasione superficiale dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria (AAV) specificata nel prospetto 14 della norma.

Resistenza all'usura dell'aggregato grosso

Se richiesto, la resistenza all'usura dell'aggregato grosso (coefficiente di usura micro-Deval, MDE), determinato secondo EN 1097-1, sarà dichiarata in conformità alla categoria pertinente (MDE) specificata nel prospetto 15 della norma UNI EN 13043.

Durabilità

Per la durabilità, verrà preso in considerazione il valore di assorbimento di acqua come prova di selezione per la resistenza al gelo/disgelo. Tale valore sarà determinato con i procedimenti della EN 1097-2, punto 7, o della EN 1097-6, appendice B.

Resistenza al gelo/disgelo

Ove richiesto, la resistenza al gelo/disgelo, determinata secondo EN 1367-1 o EN 1367-2, dovrà essere dichiarata in conformità alla relativa categoria specificata nel prospetto 19 (F) o del prospetto 20 (MS) della norma.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 15 di 105

Sonnenbrand del basalto

Ove siano rilevabili segni di "Sonnenbrand", la perdita di massa e la resistenza alla frammentazione dovranno essere determinate in conformità alla EN 1367-3 ed alla EN 1097-2. Per le categorie dei valori massimi di resistenza al "Sonnenbrand" (SB) si farà riferimento al prospetto 21 della norma.

Requisiti per l'aggregato filler

Per tali requisiti (geometrici, fisici, chimici, di uniformità produttiva) sarà fatto riferimento al punto 5 della norma UNI EN 13043.

Designazione, marcatura ed etichettatura. Marcatura CE

Per quanto riguarda la designazione, gli aggregati dovranno essere indicati come di seguito:

- Origine, produttore ed eventuale deposito;
- Tipo (v. UNI EN 932-3) e dimensione dell'aggregato.

Per quanto riguarda la marcatura e l'etichettatura, la bolla di consegna dovrà contenere le seguenti informazioni:

- Designazione e data di spedizione;
- Numero di serie della bolla e il riferimento alla norma UNI EN 12620

Per la marcatura CE, v. quanto riportato nell'Appendice ZA, punto ZA.7 e punto ZA.8 della norma. Il simbolo di marcatura dovrà figurare sull'etichetta o sulla confezione o sui documenti di accompagnamento e dovrà essere integrato dalle seguenti informazioni: numero di identificazione dell'Organismo di certificazione (solo per i prodotti sotto sistema "2+"); nome e marchio identificativo

ed indirizzo registrato del produttore; le ultime due cifre dell'anno in cui si applica la marcatura;

numero del certificato di controllo della produzione in fabbrica (solo per il sistema "2+"); riferimento alla norma; informazioni sui requisiti essenziali rilevanti elencati nel prospetto ZA.1.

Sistemi di attestazione

Con riferimento al punto ZA.2 della norma, il sistema di attestazione degli aggregati sarà del tipo "2+" per attestati destinati ad impieghi con alti requisiti di sicurezza (dove sia richiesto l'intervento di terzi); per impieghi senza altri requisiti di sicurezza sarà del tipo "4".

1.9 PIETRA NATURALE

I materiali in argomento dovranno corrispondere alle "Norme per l'accettazione delle pietre naturali da costruzione" di cui al R.D. 16 novembre 1939, n. 2332.

In generale, le pietre da impiegarsi nelle costruzioni dovranno essere omogenee, a grana compatta (con esclusione di parti tratte dal cappellaccio), esenti da screpolature, peli, venature, piani di sfaldatura, sostanze estranee, nodi, scaglie, cavità, ecc. Dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego ed offrire una resistenza proporzionata all'entità delle sollecitazioni cui saranno sottoposte; in particolare, il carico di sicurezza a compressione non dovrà mai essere superiore al 20% del rispettivo carico di rottura.

Saranno escluse le pietre marnose, gessose e in generale tutte quelle alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente. Per le murature portanti, gli elementi dovranno possedere i requisiti di resistenza meccanica e adesività alle malte determinati con le modalità descritte al punto 11.9 delle "Norme tecniche per le costruzioni" emanate con D.M. 14 Gennaio 2008 e s.m.i. La descrizione, designazione e classificazione degli elementi per muratura di pietra naturale dovrà comprendere: il riferimento alla norma UNI EN 771-6; le dimensioni; la descrizione petrografica (v. UNI EN 12370) ed ancora, se necessario: la resistenza alla compressione media; la porosità totale ed aperta; la massa volumica apparente; il coefficiente di assorbimento d'acqua per capillarità; la resistenza al gelo/disgelo; le proprietà termiche. Il fabbricante/fornitore dovrà dimostrare la conformità del proprio prodotto ai requisiti della UNI EN 771-6 ed ai valori dichiarati per le relative proprietà esibendo entrambi i punti seguenti: prova di tipo iniziale del prodotto; controllo della produzione in fabbrica.

1.10 MANUFATTI DI CEMENTO

I manufatti di cemento di qualsiasi tipo dovranno essere fabbricati a regola d'arte, con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	16 di 105

percuSSIONE senza screpolature e muniti delle eventuali opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione.

1.11 MATERIALI FERROSI

I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, saldature, paglie e da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, profilatura, fucinatura e simili. Essi inoltre dovranno soddisfare tutte le condizioni generali previste dal D.M. 28 febbraio 1908, modificato con R.D. 15 luglio 1925 (per quanto compatibile con la nuova normativa).

Per i materiali ferrosi, ferma restando l'applicazione del R.D. in precedenza richiamato, dovranno comunque essere rispettate le vigenti norme emanate dall'UNI o recepite da norme armonizzate sotto le sigle di UNI EN o UNI EN ISO. Gli acciai in particolare, ove destinati ad impieghi strutturali, dovranno soddisfare i requisiti previsti dal paragrafo 11.2 delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" approvate con D.M. 14 Gennaio 2008

Per la designazione e la classificazione si farà riferimento alle seguenti norme di unificazione:

UNI EN 10020- Definizione e classificazione dell'acciaio

UNI EN 10021- Condizioni tecniche generali di fornitura per l'acciaio ed i prodotti siderurgici.

UNI EN 10027/1- Sistemi di designazione degli acciai. Designazione alfanumerica. Simboli principali.

UNI EN 10027/2- Idem. Designazione numerica.

UNI EN 1563 - Fonderia. Getti di ghisa a grafite sferoidale.

I prodotti di acciaio di impiego strutturale dovranno essere coperti da marcatura CE. Anche in questo caso dovranno comunque essere rispettati, laddove applicabili, i punti del paragrafo 11.2 delle "Norme Tecniche" non in contrasto con le specifiche tecniche europee armonizzate.

Quando non sia applicabile tale marcatura, ai sensi del D.P.R. n. 246/93 di recepimento della Direttiva 89/106/CE, i prodotti dovranno essere qualificati con la procedura di cui al paragrafo 11.2.1.1 delle superiori norme e dotati di "Attestato di qualificazione" di validità quinquennale, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale della Presidenza del Consiglio Superiore dei LL.PP.

Ogni prodotto qualificato dovrà essere dotato di marcatura indelebile, depositata presso il Servizio Tecnico di cui sopra, dalla quale risulti in modo inequivocabile il riferimento al produttore, allo stabilimento, al tipo di acciaio e alla eventuale saldabilità.

Tutte le forniture di acciaio destinato ad impieghi strutturali dovranno essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale con riportato il riferimento al documento di trasporto. Le forniture effettuate da un commerciante o da un trasformatore intermedio dovranno essere accompagnate da copie dei documenti rilasciati dal produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante o trasformatore intermedio. La documentazione di cui sopra dovrà essere consegnata alla Direzione Lavori prima della posa in opera, prima del riscontro scritto da parte della Direzione Lavori l'Impresa non è autorizzata alla posa in opera degli acciai.

1.11.1 Acciai per impieghi strutturali

Tutti gli acciai per impieghi strutturali devono essere conformi a quanto riportato nel cap. 11.3 delle Norme Tecniche per le costruzioni approvate con DM 14 gennaio 2008 e potranno essere lavorati solo da Centri di Trasformazione di cui al par. 11.3.1.7. delle citate Norme. Non saranno accettati in cantiere elementi strutturali non confezionati nei centri di cui sopra e la cui provenienza non sia tracciabile come descritto dalle norme stesse.

Acciai da cemento armato

Gli acciai da cemento armato dovranno essere conformi a quanto riportato nel cap. 11.3.2 delle Norme Tecniche. In particolare le reti elettrosaldate dovranno essere di classe B450A, mentre le barre dovranno essere di classe B450 C.

E ammesso l'uso di acciai inossidabili là dove indicato nel progetto esecutivo, purché conformi al par. 11.3.2.9.1 delle Norme Tecniche o zincati, purché le caratteristiche meccaniche (ed anche fisiche e tecnologiche, per gli zincati) siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. Nel caso degli zincati, la marcatura dovrà consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura.

I controlli di accettazione in cantiere minimi sono quelli previsti dal par 11.3.20.4 delle Norme tecniche e sono a cura e carico dell'Appaltatore. L'appaltatore è tenuto alla predisposizione e conservazione dei campioni, nonché all'inoltro presso i laboratori di prova, previa verifica e approvazione da parte della DL, che potrà disporre a propria discrezione ulteriori prove rispetto a quelle minime di legge, che dovranno essere svolte a cura e carico dell'Appaltatore.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 17 di 105

Acciai da carpenteria

Gli acciai da carpenteria dovranno essere conformi a quanto riportato nel cap. 11.3.4 delle Norme Tecniche. Le classi di acciaio impiegate dovranno corrispondere a quelle indicate nelle relazioni di calcolo e negli elaborati grafici del progetto strutturale esecutivo, in conformità a quanto riportato in tab. 11.3.IX delle Norme tecniche

E ammesso l'uso di acciai inossidabili là dove indicato nel progetto esecutivo, purché conformi al par. 11.3.4.8 delle Norme Tecniche o zincati, purché le caratteristiche meccaniche (ed anche fisiche e tecnologiche, per gli zincati) siano conformi alle prescrizioni relative agli acciai normali. Nel caso degli acciai zincati, la marcatura dovrà consentire l'identificazione sia del produttore dell'elemento base che dello stabilimento di zincatura.

I controlli di accettazione in cantiere minimi sono quelli previsti dal par 11.3.4.11.3 delle Norme tecniche e sono a cura e carico dell'Appaltatore. L'appaltatore è tenuto alla predisposizione e conservazione dei campioni, nonché all'invio presso i laboratori di prova, previa verifica e approvazione da parte della DL, che potrà disporre a propria discrezione ulteriori prove rispetto a quelle minime di legge, che dovranno essere svolte a cura e carico dell'Appaltatore.

Acciaio cor-ten

Acciaio al fosforo comunemente detto Cor-Ten tipo A corrispondente alla normativa ASTM A 242. Tale prodotto deve essere garantito all'autoprotezione con una composizione determinata con percentuali di fosforo minimo 5 volte superiori al carbonio unita alle seguenti proprietà: - Modulo di elasticità 19.600 ÷ 21.000 Kg/mm² - Coefficiente di dilatazione lineare nell'intervallo fra - 46° C e 65° C 0,000117

In particolare tutti i manufatti dovranno essere montati tramite bullonature e/o saldature. Particolare attenzione dovrà essere posta nella realizzazione dei manufatti per eliminare sbavature, spigoli taglienti ed ogni fonte di pericolo per gli utenti. Il COR-TEN utilizzato allo stato "nudo" prescrive che la saldatura sia effettuata in più di due passate, ed è consigliabile che, per le ultime due passate, vengano usati elettrodi al 2% o al 3% Ni; in tal modo si otterranno cordoni di saldatura con una colorazione simile a quella dell'acciaio COR-TEN. L'appaltatore dovrà realizzare un campione posato in opera per l'approvazione da parte del direttore dei lavori per ciascun nodo particolare.

Gli acciai di tipo Cor-Ten, destinati all'impiego strutturale dovranno essere conformi alla Normativa Tecnica vigente. Valgono le prescrizioni di cui ai capoversi precedenti.

1.12 CALCESTRUZZI

I Calcestruzzi per impieghi strutturali dovranno essere conformi a quanto riportato nel cap. 11.2 delle Norme Tecniche per le costruzioni approvate con DM 14 gennaio 2008. In particolare le caratteristiche specifiche dei calcestruzzi per i diversi manufatti di cui agli elaborati del progetto esecutivo, dovranno rispettare quanto prescritto negli elaborati stessi e nelle relazioni di calcolo.

In particolare i controlli di accettazione dovranno essere quelli di cui al par 11.2.5 delle citate Norme Tecniche e saranno svolti a cura e carico dell'Appaltatore su indicazioni della Direzione Lavori.

1.13 PRODOTTI DI CEMENTO E AGGREGATI GRANULARI

I prodotti di cemento dovranno essere confezionati con conglomerato vibrocompresso o centrifugato ad alto dosaggio di cemento (del tipo prescritto), con inerti di granulometria adeguata ai manufatti e di qualità rispondente ai vigenti requisiti generali di accettabilità. Dovranno avere spessore proporzionato alle condizioni di impiego, superfici lisce e regolari, dimensioni ben calibrate, assoluta mancanza di difetti e/o danni.

Per i tubi di cemento armato in pressione vale la norma:

UNI EN 639 - Prescrizioni comuni per tubi in pressione di calcestruzzo, inclusi giunti e pezzi speciali.

1.14 TUBI

1.14.1 Tubi di cemento semplice

Saranno confezionati con impasto dosato a 350 ÷ 400 kg/m³ di cemento, vibrocompresso o centrifugato, e dovranno presentare sezione perfettamente circolare (od ovale, nella sagoma prescritta), generatrice dritta, spessore uniforme (o come da sagoma), elevata resistenza flessionale e, in frattura, grana omogenea, compatta e resistente. Dovranno rispondere inoltre, per i diametri superiori a 250 mm, alla seguente norma:

UNI 9534 - Tubi di calcestruzzo non armato per fognature a sezione interna circolare, senza piede di appoggio.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 18 di 105

I tubi UNI 9534 potranno essere con giunto a bicchiere o con giunto a mezzo spessore (ad incastro) con lunghezza nominale non inferiore a due metri. Per giunto ad incastro, lo spessore dovrà comunque non scendere sotto il valore di 120 mm.

1.14.2 Tubi di cemento armato ordinario

Dovranno essere fabbricati da ditta specializzata, in apposito stabilimento e con idonee apparecchiature. Saranno calcolati, armati ed eseguiti secondo le norme valide per il conglomerato cementizio armato ed inoltre avranno caratteristiche di qualità e di lavorazione uniformi, superfici interne perfettamente lisce, estremità piene ed a spigoli vivi, fronti perpendicolari all'asse. Non saranno ammessi tubi con danneggiamenti o imperfezioni che possano diminuire l'impermeabilità, la resistenza meccanica e, in generale, le possibilità di impiego e la durabilità.

Per i tubi in pressione il diametro interno, lo spessore della parete, la lunghezza interna della canna e le caratteristiche geometriche del giunto saranno conformi alle specifiche di progetto e/o alla documentazione di fabbrica. Valgono, per detti tubi, le seguenti norme:

UNI EN 640 - Tubi in pressione di calcestruzzo armato e tubi in pressione di calcestruzzo con armatura diffusa (del tipo senza cilindro), inclusi giunti e pezzi speciali.

UNI EN 641 - Tubi in pressione di calcestruzzo armato del tipo con cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali.

Le dimensioni massime degli aggregati non dovranno essere maggiori di 1/3 dello spessore dei tubi, con massimo di 32 mm (4 mm per i tubi con armatura diffusa).

L'armatura metallica trasversale sarà costituita da tondi piegati ad anelli, ovvero avvolti in semplice o doppia elica, da fili o reti di acciaio, inglobate in una parete di calcestruzzo compatto (RCP), o da strati multipli di filo sottile continuo avvolti ad elica e inglobati in una parete di malta compatta (DRP); quella longitudinale (specie se richiesta la resistenza a flessione) da barre di acciaio, fili o strati di nastro di acciaio. Nei tubi UNI EN 641 l'armatura sarà integrata da un cilindro di acciaio saldato, con anelli per il giunto collegati all'estremità a mezzo saldatura.

Lo spessore minimo dei tubi EN 640 sarà conforme al Prospetto 1 della norma; analogamente per i tubi della EN 641.

I giunti, secondo specifica, potranno essere rigidi, regolabili, semiflessibili o completamente flessibili; in ogni caso dovranno assicurare la perfetta tenuta all'acqua, consentire piccoli assestamenti ed essere costituiti da materiali che diano piena garanzia di durata nelle previste condizioni di esercizio: di norma saranno realizzati con guarnizioni ad anelli di gomma. I pezzi speciali potranno essere di conglomerato cementizio armato, di ghisa ovvero di lamiera di acciaio saldato, secondo prescrizione.

Ogni tubo dovrà riportare contrassegni indelebili che permettano di individuare il marchio di fabbrica, la data di fabbricazione (mese e anno), le dimensioni (intese come prodotto del diametro interno per la lunghezza nominale) e la categoria. Per i tubi ad armatura disimmetrica, dovrà essere apposta sulla parete esterna l'indicazione del vertice.

1.14.3 Tubi di cemento armato precompresso

Valgono, per i tubi in argomento, le norme generali di cui al precedente punto. I tubi dovranno essere fabbricati in officine o cantieri debitamente attrezzati, con procedimenti atti a garantire il costante raggiungimento dei requisiti in tutti i manufatti prodotti. Le operazioni automatizzate dovranno essere svolte sotto controllo di strumenti indicatori e registratori e nel ciclo di lavorazione saranno inseriti rilevamenti sistematici dei risultati ottenuti che, raccolti unitamente alle prove di qualità dei materiali in apposito registro di fabbricazione, avranno valore di documentazione agli effetti contrattuali.

I tubi in c.a.p., in rapporto alle prescrizioni di Elenco, potranno essere di tre tipi:

- Tubi con nucleo di conglomerato cementizio prefabbricato munito di cilindro di lamierino, armatura di precompressione radiale, rivestimento protettivo e giunto autocentrante a tenuta d'acqua.
- Tubi con nucleo di conglomerato cementizio prefabbricato, armatura di precompressione radiale, rivestimento protettivo e giunto come sopra.
- Tubi monolitici con armatura di precompressione radiale inglobata nella parete di conglomerato e giunto come sopra.

Con riferimento alle norme, dovranno osservarsi quelle per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle tubazioni in argomento e qui riportate:

UNI EN 642 - Tubi in pressione di calcestruzzo precompresso con cilindro e senza cilindro, inclusi giunti e pezzi speciali, e prescrizioni specifiche per l'acciaio di precompressione dei tubi. Il diametro nominale corrisponderà al diametro interno del tubo, misurato in mm.

La superficie interna dei tubi dovrà essere sufficientemente liscia, in modo da rendere minime le perdite di carico della condotta.

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.: 19 di 105
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	

I materiali e le modalità di costruzione dovranno rispettare in generale le norme tecniche per l'esecuzione delle opere in c.a. precompresso di cui al D.M. 9 gennaio 1996. In ogni caso gli spessori e le armature di precompressione dovranno essere riferiti, per ogni coppia di valori PN e DN, a criteri di dimensionamento e calcoli statici elaborati conformemente alle Appendici C e D della norma.

La marcatura, da apporsi in modo indelebile, riporterà; la data di fabbricazione, il diametro nominale e la pressione, il riferimento alla norma UNI EN 642 e il marchio di fabbrica.

1.15 LEGNAMI

Tutti i legnami impiegati dovranno rispondere alle specifiche progettuali e a quelle indicate nelle schede tecniche. Per i legnami ad uso strutturale dovrà farsi riferimento alla Normativa Tecnica DM 14 Gennaio 2008, alle CNR-DT 206/207 Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo delle Strutture in legno, alla UNI EN 1995-1-1 E 1995-2 o Eurocodice 5 sulla Progettazione delle strutture in Legno. I legnami impiegati nei rivestimenti e nelle pavimentazioni dovranno comunque rispondere ai requisiti di Norma in termini di resistenza, portata e durabilità. Particolare attenzione dovrà essere posta nell'applicazione dei trattamenti protettivi dei legnami posti in opera, anche se non esplicitamente indicato, in relazione alla collocazione in opera e alle condizioni ambientali aggressive.

2 MOVIMENTAZIONE TERRE

2.1 PIANIFICAZIONE DEI LAVORI

È fatto obbligo all'impresa di procedere prima dell'inizio delle lavorazioni alla Classifica delle terre ai sensi della normativa vigente ai fini del riutilizzo e/o dello smaltimento.

Con riferimento alla verifica del progetto ed alle lavorazioni per la formazione del corpo stradale, l'Impresa deve presentare, per l'approvazione da parte della Direzione Lavori, un programma dettagliato dei movimenti di materia, indicando le fonti di approvvigionamento dei materiali, le discariche e i siti di deposito, nonché eseguire un'indagine conoscitiva sulle più idonee modalità di esecuzione dei relativi lavori basata su determinazioni sperimentali di laboratorio e su prove in vera grandezza.

Detta indagine si articola di norma come segue:

- rilievo geometrico diretto dell'andamento morfologico del terreno in corrispondenza delle sezioni di progetto e di altre eventuali sezioni intermedie integrative;
- rilievo, attraverso pozzetti stratigrafici, dello spessore di ricoprimento vegetale;
- identificazione della natura e dello stato delle terre (provenienti dalle zone di scavo e dalle cave di prestito) o dei materiali riciclati per la valutazione dell'attitudine al particolare impiego, prevedendo le prove di laboratorio di cui ai seguenti paragrafi.

Tenuto conto dei risultati dell'indagine, l'Impresa predisponde i seguenti documenti da sottoporre all'approvazione della Direzione Lavori con congruo anticipo rispetto all'inizio delle lavorazioni:

- Piano dettagliato della sperimentazione in vera grandezza (campo prove);
- Piano particolareggiato delle lavorazioni di movimenti di materie.

2.2 DISCARICHE E LUOGHI DI DEPOSITO

Le materie provenienti dagli scavi e non utilizzate per la costruzione dei rilevati, per i riempimenti ed i ricoprimenti devono essere portate a rifiuto nelle discariche nel rispetto delle leggi e dei regolamenti locali, in aree che l'Appaltatore può proporre, in aggiunta o in variante di queste, previa autorizzazione del Direttore dei Lavori e degli Enti preposti alla tutela del territorio.

Si deve in ogni caso evitare che le materie depositate possano arrecare danni (sia nel breve che nel lungo termine) alle opere realizzate ed alle proprietà limitrofe, come pure essere causa d'instabilità dei terreni adiacenti ed ostacolo al libero deflusso delle acque.

In relazione alle cubature da conferire a discarica (ed eventualmente anche da mettere a deposito provvisorio), in siti non previsti o non esaurientemente trattati in progetto, l'Appaltatore è tenuto a produrre:

- gli studi di stabilità e d'integrazione ambientale della discarica, particolarmente per quanto riguarda l'idrologia superficiale e profonda e l'impatto paesaggistico;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 20 di 105

- le autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti in materia, in accordo alle norme ed ai regolamenti vigenti, come pure quelle relative all'occupazione dei terreni, da parte dei proprietari.

In linea generale i materiali idonei provenienti dagli scavi devono essere utilizzati immediatamente, senza far ricorso a luoghi di deposito provvisori.

Nel caso in cui le materie provenienti dagli scavi dovessero essere temporaneamente accantonate, per essere utilizzate successivamente nei riempimenti di cavi, rinterrati, eccetera, esse possono essere depositate nell'ambito del cantiere o in luoghi tali da non provocare danni a persone e cose ed intralci al traffico.

I luoghi di deposito della terra vegetale da utilizzarsi per il ricoprimento delle scarpate e per la realizzazione di opere in verde, in particolare, debbono essere sistemati in modo da evitare venute e ristagni d'acqua, capaci di impedire l'ossigenazione della terra stessa. I cumuli di terra vegetale disposti con scarpate generalmente di 3/2, non devono superare l'altezza di 3,00 metri, particolarmente nel caso in cui il piano d'impiego preveda attese superiori di più di sei mesi.

Nella sistemazione dei depositi di terra vegetale, inoltre, l'Impresa ha l'obbligo:

- di utilizzare modalità operative e mezzi idonei ad evitare ogni costipamento ed assestamento della terra;
- di mantenere i depositi provvisori esenti da vegetazione indesiderata, procedendo alla falciatura delle erbe infestanti, prima della fioritura, ovvero al diserbamento, anche mediante l'impiego di diserbanti, se accettati dalla Direzione dei Lavori in relazione al loro rischio ambientale.

L'Impresa deve produrre, anche per le cave di deposito temporaneo e permanente, se necessario a modifica o integrazione del progetto, calcoli geotecnici ed elaborati di controllo e salvaguardia ambientale, in analogia a quanto sarà illustrato per le cave di prestito.

2.3 CAVE DI PRESTITO

Per le cave di prestito proposte dall'Appaltatore, o individuate sotto la sua responsabilità, ovvero nel caso in cui il progetto ne lasci l'onere all'esecutore, la soluzione deve essere da questo sottoposta all'approvazione del Direttore dei Lavori, provvedendo a corredare la richiesta di:

- indagini preliminari con prove di laboratorio finalizzate alla valutazione dell'attitudine all'impiego
- valutazione delle cubature estraibili;
- modalità di esercizio come sopra specificato;
- benessere del proprietario del suolo allo sfruttamento.

2.4 IMPIANTI DI PRODUZIONE DI MATERIALI RICICLATI

2.4.1 Requisiti degli impianti di produzione

Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).

Gli impianti di produzione di inerti riciclati devono essere qualificati dalla Direzione Lavori per stabilirne l'idoneità alla fornitura del materiale, nonché la rispondenza alle prescrizioni metodologiche del processo di cui al punto 7.1.3 del D.M. 05/02/98 –Allegato1. 36

Le modalità di trattamento e di miscelazione dei residui delle attività dalle quali viene generato l'aggregato possono influire notevolmente sulla qualità del prodotto finale.

Per ottenere con maggiore certezza costanti risultati in opera, il materiale da riciclo deve mantenere elevati livelli di costanza granulometrica e di composizione. Questo risultato può essere raggiunto qualora gli impianti di produzione di inerti riciclati siano organizzati in modo tale da:

- a) consentire il controllo della qualità dei materiali in arrivo, per una verifica delle caratteristiche e dell'idoneità all'utilizzo;
- b) essere dotati di zone debitamente attrezzate e delimitate per lo stoccaggio provvisorio del materiale, eventualmente suddiviso per tipologie (calcestruzzi, macerie, conglomerati bituminosi, sfridi, scarti industriali, ecc.);
- c) consentire l'alimentazione dell'impianto di trattamento mediante mezzo meccanico (per esempio una pala gommata), evitando che lo stesso venga alimentato direttamente dagli autocarri in arrivo;
- d) consentire, in uscita dalla tramoggia di alimentazione, il controllo qualitativo dei materiali con eventuale esclusione dal ciclo produttivo del materiale non idoneo e/o pericoloso ed invio, tramite un by-pass, ad uno stoccaggio separato;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 21 di 105

e) consentire una prima vagliatura, mediante vibrovaglio, per l'eliminazione della frazione fine, e il convogliamento del materiale nella camera di frantumazione del mulino, in modo da avere la riduzione granulometrica dei detriti ed il perfetto distacco delle

armature di acciaio dal calcestruzzo;

f) consentire l'individuazione di sostanze pericolose e/o nocive;

g) essere dotato di un deferrizzatore primario per l'eliminazione degli elementi ferrosi e di un secondo deferrizzatore, posto più vicino al nastro, in grado di eliminare anche le parti metalliche minute eventualmente sfuggite al primo deferrizzatore;

h) consentire la separazione automatica, anche in più stadi, delle frazioni di materiale non idoneo (carta, residui di legno, frazioni leggere, ecc.) che devono essere convogliate in appositi contenitori;

i) essere dotato di un vibrovaglio, per la selezione delle diverse frazioni granulometriche.

Per garantire la costanza della qualità del prodotto, a prescindere dalle tipologie in alimentazione, gli impianti devono essere strutturati in modo tale da consentire la compensazione di carenze o eccedenze di frazioni granulometriche (dovute al tipo di

materiale immesso nel ciclo); ciò, mediante la predisposizione di adeguate stazioni di vagliatura, in modo tale che, sul nastro trasportatore che alimenta lo stoccaggio finale del prodotto, sia presente l'intero assortimento granulometrico richiesto.

2.4.2 Impianti a prodotto costante

Impianti nei quali sono rispettati tutti i requisiti di cui ai precedenti punti da a) ad i) e nei quali sia mantenuto un controllo efficace sulla produzione al fine di garantirne un elevato livello di costanza granulometrica e di composizione degli inerti prodotti

2.5 ESECUZIONE LAVORI

2.5.1 Smacchiamento

Nell'ambito dei movimenti di terra l'Impresa deve procedere, preliminarmente, al taglio degli alberi, degli arbusti e dei cespugli, nonché all'estirpazione delle ceppaie e delle radici.

I prodotti dello smacchiamento, salvo diversa indicazione specificamente prevista, sono lasciati a disposizione dell'Imprenditore che ha l'obbligo e la responsabilità del loro trasporto, a qualsiasi distanza, in siti appositamente attrezzati per l'incenerimento (osservando le prescritte misure di sicurezza) ovvero in discariche abilitate alla loro ricezione.

2.5.2 Scoticismo

l'Impresa deve procedere all'asportazione della coltre di terreno vegetale per lo spessore previsto in progetto o, motivatamente ordinato per iscritto in difformità di questo, all'atto esecutivo, dalla Direzione Lavori.

Il materiale vegetale scavato, se riconosciuto idoneo dalla D.L., previo ordine di servizio, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere trasportato a discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

La terra vegetale che non venga utilizzata immediatamente deve essere trasportata in idonei luoghi di deposito provvisorio, in vista della sua riutilizzazione per il rivestimento delle scarpate, per la formazione di arginelli e per altre opere di sistemazione a verde

L'asportazione della terra vegetale deve avvenire subito prima dell'esecuzione dei movimenti di terra nel tratto interessato, per evitare l'esposizione alle acque piovane dei terreni denudati.

2.5.3 Scavi

2.5.3.1 Scavi di sbancamento

Per scavi di sbancamento si intendono, oltre a quelli necessari per la rimozione del terreno vegetale, quelli occorrenti per lo spianamento e/o sistemazione del terreno e il raggiungimento del piano fondale. Qualora si determinasse la presenza di acqua è onere dell'Impresa procedere al suo allontanamento senza diritto a riconoscimenti in proposito, per mezzo di aggotamento meccanico e/o stesura di una rete di wellpoint.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 22 di 105

Nell'esecuzione degli scavi si dovrà procedere alla rimozione di qualunque cosa possa creare impedimento per le opere da eseguire, le sezioni degli scavi dovranno essere tali da impedire frane o smottamenti e si dovranno approntare le opere necessarie per evitare allagamenti e danneggiamenti dei lavori eseguiti.

Il materiale di risulta proveniente dagli scavi sarà in linea generale avviato a discarica, in quanto non idoneo alla formazione dei rilevati in progetto, tutti gli oneri di verifica, analisi delle terre ecc. per il trasporto a rifiuto sono a carico dell'Impresa. Qualora si rendesse necessario anche in parte il successivo utilizzo dello stesso, si provvederà ad un idoneo deposito nell'area del cantiere. Qualora ritenute idonee dalla Direzione Lavori, le terre risultanti dagli scavi delle opere in genere, verranno trasportate e sistemate a completamento di piazzali, di rilevati e di qualsiasi tipo di reinterri. Pertanto nel prezzo sono compresi anche gli oneri per la cernita, il carico, lo spostamento, lo scarico e la sistemazione del terreno vegetale di splateamento nelle zone previste a verde secondo le quote e le sagome indicate dalla Direzione Lavori.

Sarà obbligo dell'Appaltatore di effettuare lo scavo, ove sia ordinato dalla Direzione dei Lavori, anche in acqua sino alla quota di fondo da raggiungere, senza oneri per la Committenza. Sono inoltre compresi gli oneri per la estirpazione di colture, piante, arbusti e radici e per la rimozione, il prelievo e trasporto a rifiuto di trovanti naturali o di muratura.

Resta inoltre a carico dell'Appaltatore ogni danno alle cose ed alle persone che potesse verificarsi per smottamenti o franamenti in scavo o riporto.

2.5.3.2 Scavi a sezione ristretta – scavi di fondazione

Per scavi di fondazione s'intendono quelli chiusi da pareti, di norma verticali, riproducenti il perimetro dell'opera, effettuati al di sotto del piano orizzontale passante per il punto più depresso del terreno lungo il perimetro medesimo.

Le pareti degli scavi saranno prevalentemente verticali e, se necessario, l'Appaltatore dovrà provvedere al posizionamento di puntelli e paratie di sostegno e protezione, restando pienamente responsabile di eventuali danni a persone o cose provocati da cedimenti del terreno; i piani di fondazione dovranno essere perfettamente orizzontali e la direzione lavori potrà richiedere ulteriori sistemazioni dei livelli, anche se non indicate nei disegni di progetto, senza che l'Appaltatore possa avanzare richieste di compensi aggiuntivi.

Tutti gli scavi eseguiti dall'Appaltatore, per la creazione di rampe o di aree di manovra dei mezzi, al di fuori del perimetro indicato, dovranno essere ricoperti, sempre a carico dell'Appaltatore, a lavori eseguiti.

Tutti i danni che dovessero verificarsi, per cedimento dello scavo, saranno a carico dell'impresa assuntrice.

E' a carico dell'Impresa anche lo smaltimento, con qualsiasi mezzo e pertanto anche mediante abbattimento di falda freatica, di tutte le acque di qualsiasi provenienza, incluse quelle di falda, che potranno raccogliersi nello scavo e pertanto l'Impresa dovrà operare in modo tale da mantenere lo scavo sempre all'asciutto.

Sono inoltre a carico dell'Impresa gli oneri di qualsiasi entità per convogliare, da monte verso valle, le acque di pioggia.

I materiali di scavo devono essere immediatamente allontanati al fine di evitare il posizionamento di carichi aggiuntivi sul bordo longitudinale dello scavo.

2.5.3.3 Reimpiego dei materiali di scavo

Nel reimpiego dei materiali provenienti dagli scavi l'Impresa è obbligata a rispettare le destinazioni particolari per essi previste dal progetto ed approvate dalla Direzione Lavori, come piano dettagliato delle lavorazioni.

L'Appaltatore deve eseguire le operazioni di scavo, trasporto e posa in opera con mezzi adeguati e con sufficiente manodopera, coordinando la successione delle fasi e l'esecuzione delle varie categorie di lavoro. Lo stesso rimane libero di adottare macchine ed impianti ritenuti di sua convenienza, purché rispondenti allo scopo e non pregiudizievole per la buona riuscita dei lavori.

2.6 CORPO DEL RILEVATO

2.6.1 Materiali costituenti

2.6.1.1 Materiali sciolti naturali

Dovranno essere impiegati materiali appartenenti ai gruppi A₁, A₂₋₄, A₂₋₅, A₃, il materiale appartenente al gruppo A₃ dovrà presentare un coefficiente di uniformità (D₆₀/D₁₀) maggiore o uguale a 7.

Per l'ultimo strato di 30 cm dovranno essere impiegati materiali appartenenti esclusivamente ai gruppi A_{1-a} e A₃ (per le terre appartenenti al gruppo A₃ vale quanto già detto in precedenza).

I materiali impiegati dovranno essere del tutto esenti da frazioni o componenti vegetali, organiche e da elementi solubili, gelivi o comunque instabili nel tempo, non essere di natura argillo-scistosa nonché alterabili o molto fragili.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 23 di 105

2.6.1.2 Materiali riciclati

Per il presente articolo e per tutte le lavorazioni con materiali riciclati, per tutto quanto non esposto nel presente Capitolato, si farà riferimento al Capitolato Speciale di Appalto tipo a carattere prestazionale per l'utilizzo di materiali inerti riciclati da costruzione e demolizione della Regione Toscana (approvato con D.G.R.T. n. 337 del 15/05/2006).

Le miscele di materiali riciclati provenienti da scarti, sia prevalentemente edilizi, sia anche industriali, devono rispettare i requisiti indicati nella **Tabella 4.1** nel caso di aggregati da costruzione e demolizione. Ai fini del loro impiego l'Impresa è tenuta a predisporre, per ogni lotto di materiale, la qualificazione dello stesso tramite certificazione rilasciata da un Laboratorio specializzato.

Tabella 4.1 – Aggregati da costruzione e demolizione per il corpo dei rilevati

Componenti	Modalità di prova	Limiti
Calcestruzzo, mattoni e laterizi, intonaci materiali litici, malte, ceramica	UNI EN 13285 Appendice A	> 70% in massa
Conglomerati bituminosi	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 25% in massa
Vetro e scorie vetrose	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Terre di fonderia, scorie d'altoforno, silicati, carbonati e idrati di calcio	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 15% in massa
Materiali deperibili o cavi (carta, legno, fibre tessili, cellulosa, residui alimentari)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,3% in massa
Altri materiali (metalli, guaine, gomme, lana di roccia o di vetro, gesso, ecc.)	UNI EN 13285 Appendice A	≤ 0,6% in massa
Parametro	Modalità di prova	Limiti
Indice di plasticità	CNR UNI 10014	≤ 6%
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	> 85% in massa
Passante al setaccio 4 mm	UNI EN 933-1	≤ 60% in massa
Passante al setaccio 0,063 mm	UNI EN 933-1	≤ 25% in massa
Dimensione massima Dmax	Misura diretta	140 mm
Trattenuto setaccio 63 mm	Frantumazione	Assenza di vuoti interni

2.6.2 Posa in opera

Il materiale deve essere steso con regolarità per strati di spessore costante, con modalità e attrezzature atte ad evitare segregazione e brusche variazioni sia granulometriche che del contenuto d'acqua.

Al fine di evitare disomogeneità dovute alla segregazione che si verifica durante lo scarico dai mezzi di trasporto, il materiale deve essere depositato subito a monte del posto d'impiego, per esservi in seguito riportato dai mezzi di stesa.

I materiali costituenti i differenti strati del rilevato devono presentare una granulometria il più omogenea possibile. Si deve evitare, in particolare, di porre in contatto strati di materiale a granulometria poco assortita o uniforme (tale, cioè, da produrre nello strato compattato elevata percentuale dei vuoti), con strati di terre a grana più fine che, durante l'esercizio, per effetto delle vibrazioni prodotte dal traffico, possono penetrare nei vuoti degli strati sottostanti, provocando cedimenti per assestamento del corpo del rilevato. In ogni caso, il materiale non deve presentare elementi di dimensioni maggiori di 140 mm; questi debbono essere, pertanto, scartati al sito o all'impianto di prelievo, prima del carico sui mezzi di trasporto.

Ciascuno strato può essere messo in opera, pena la rimozione, soltanto dopo avere accertato, mediante prove di controllo, l'idoneità dello strato precedente.

Lo spessore sciolto di ogni singolo strato è stabilito in ragione delle caratteristiche dei materiali, delle macchine e delle modalità di compattazione del rilevato.

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	24 di 105

Le operazioni di compattazione debbono essere determinate mediante la messa a punto degli schemi di rullatura che debbono essere definiti prima dell'inizio dei lavori.

Il materiale deve essere steso in strati di ridotto spessore; salvo diverse indicazioni che possono provenire dalla sperimentazione su campo prova, lo spessore finito dello strato, costipato mediante rullatura, non dovrà essere superiore a 30 cm. Lo spessore di stesa di norma deve risultare non inferiore a due volte la dimensione massima degli elementi lapidei presenti nel materiale impiegato ($s \geq 2D_{max}$).

La superficie degli strati, a compattazione avvenuta, deve avere una pendenza trasversale pari a circa il 4% e, comunque, tale da garantire lo smaltimento delle acque meteoriche e deve essere evitata la formazione di avvallamenti o solchi. Detta pendenza deve essere mantenuta durante il lavoro e il transito dei mezzi di cantiere, impiegando allo scopo livellatrici o macchine equivalenti.

L'utilizzo di materiali da riciclo per la realizzazione del corpo dei rilevati è consentito purché interessi tutta l'impronta del rilevato stesso. Non sono ammesse alternanze di strati di materiali da riciclo e di terre, anche se appartenenti ad uno dei gruppi A1, A2-4, A2-5, A3 della classificazione di cui alla Norma UNI 10006/2002. Il rilevato, quindi, deve essere costituito al massimo da due fasce di materiale differenti (riciclato e non) in senso verticale; in senso orizzontale, invece, deve essere comunque garantita l'omogeneità dei materiali utilizzati.

Il piano particolareggiato delle lavorazioni indicherà i siti di impiego dei materiali riciclati confinandoli preferibilmente tra opere quali tombini, attraversamenti, opere d'arte ecc., onde evitare che, al contatto con materiali di caratteristiche differenti, si formino giunti o superficie di discontinuità. Potrà altresì prevedere la parzializzazione del corpo del rilevato, destinando gli inerti da riciclo esclusivamente al nucleo centrale, ed utilizzando terre tradizionali (appartenenti ad uno dei gruppi prima citati) per le fasce laterali. In tal caso i terreni di contronucleo vanno posti in strati di spessore pari a quelli realizzati con le materie da riciclo.

2.6.3 Compattazione

L'Impresa è tenuta a fornire e, quindi, ad impiegare mezzi di costipamento adeguati alla natura dei materiali da mettere in opera e, in ogni caso, tali da permettere di ottenere i requisiti di massa volumica, di portanza e prestazionali richiesti per gli strati finiti, nel rispetto delle previsioni di progetto e delle disposizioni che possono essere date in corso d'opera dalla Direzione Lavori. Per il migliore rendimento energetico dei mezzi di costipamento è opportuno sceglierne la tipologia più idonea (rulli lisci statici, rulli lisci vibranti, rulli gommati, rulli a piedi costipanti) ed operare con umidità prossima a quella ottimale determinata in laboratorio mediante la prova AASHTO Mod. (CNR B.U. n.69/78).

L'attitudine delle macchine di costipamento deve essere verificata, per ogni tipo di materiale che si prevede di impiegare, secondo le modalità previste nel piano particolareggiato delle lavorazioni.

Quando, in relazione all'entità ed alla plasticità della frazione fine, l'umidità supera del 15-20% il valore ottimale, l'Impresa deve mettere in atto i provvedimenti necessari a ridurla (favorendo l'evapotraspirazione) per evitare rischi di instabilità meccanica e cadute di portanza che possono generarsi negli strati a seguito di compattazione ad elevata energia di materiali a gradi di saturazione elevati (generalmente maggiori del 85-90%, secondo il tenore in fino e la plasticità del terreno). In condizioni climatiche sfavorevoli è indispensabile desistere dall'utilizzo immediato di tali materiali.

Le macchine di costipamento, la loro regolazione (velocità, peso, pressione di gonfiaggio dei pneumatici, frequenza di vibrazione, ecc.), gli spessori degli strati ed il numero di passaggi devono rispettare le condizioni stabilite nel suddetto programma. In ogni caso l'efficacia del processo ed il conseguimento degli obiettivi restano nell'esclusiva responsabilità dell'Impresa.

Se non occorre modificare il contenuto d'acqua, una volta steso il materiale, lo strato deve essere immediatamente compattato.

La compattazione deve assicurare sempre un addensamento uniforme all'interno dello strato.

Una volta realizzata l'opera, le scarpate devono essere riprofilate, rimuovendo i materiali eccedenti la sagoma di progetto, al fine di garantire una compattazione uniforme, anche lungo i bordi del rilevato. La stesa ed il costipamento del materiale, pertanto, deve considerare una sovrallarghezza di almeno 0,50 m, per entrambi i lati del rilevato.

I controlli di qualità degli strati finiti, effettuati mediante misure di massa volumica e di portanza, devono soddisfare i requisiti indicati nel successivo punto 58.5, salvo diverse prescrizioni motivate in sede di progetto. Durante la costruzione dei rilevati occorre disporre in permanenza di apposite squadre e mezzi di manutenzione per rimediare ai danni causati dal traffico di cantiere oltre a quelli dovuti alla pioggia e al gelo.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 25 di 105

2.6.4 Protezione

La sistematica e tempestiva protezione delle scarpate deve essere garantita mediante la stesa di uno strato di terreno vegetale di circa 30 cm di spessore che andrà sistemato a strisce orizzontali e sarà opportunamente assestato, seguendo progressivamente la costruzione del manufatto. Per la sua necessaria ammorsatura si devono predisporre gradoni di ancoraggio, salvo il caso in cui il rivestimento venga eseguito contemporaneamente alla formazione del rilevato stesso. Il terreno vegetale deve assicurare il pronto attecchimento e sviluppo del manto erboso, seminato tempestivamente, con essenze (erbe ed arbusti del tipo previsto in progetto) scelte per ottenere i migliori risultati in relazione al periodo operativo ed alle condizioni locali.

Si dovrà ripetere la semina fino ad ottenere un adeguato ed uniforme inerbimento.

L'Impresa dovrà provvedere al ripristino delle zone ammalorate a sua cura e spese, qualora si dovessero manifestare erosioni di sorta. Nel caso in cui si preveda un'interruzione dei lavori di costruzione del rilevato di più giorni, l'Impresa è tenuta ad adottare ogni provvedimento per evitare infiltrazioni di acque meteoriche nel corpo del rilevato. Per tale scopo, le superfici, ben livellate e compatte, devono risultare sufficientemente chiuse e presentare pendenza trasversale non inferiore al 4%.

Qualora nei rilevati si dovessero verificare dei cedimenti differenziali dovuti a carenze costruttive, l'Impresa è obbligata ad eseguire a sue spese i lavori di ricarica, rinnovando, ove occorra, anche la sovrastruttura stradale.

Nel caso di sospensione prolungata della costruzione, alla ripresa delle lavorazioni la parte di rilevato già eseguita deve essere ripulita dalle erbe e dalla vegetazione che vi si fosse insediata; inoltre, lo strato superiore deve essere scarificato, praticandovi dei solchi, per il collegamento dei nuovi strati. E' prudente, in questo caso, ripetere le prove di controllo dell'addensamento e della portanza.

2.6.5 Geotessile

Il geotessile di confinamento e separazione utilizzato alla base dei materiali di fondazione stradale sarà costituito da tessuto non tessuto a filo continuo agugliato, costituito da teli dalla grammatura 0,400kg/mq.

Il geotessile dovrà presentare superficie scabra, essere imputrescibile ed atossico, essere resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si producono nel terreno, alle cementazioni naturali, all'azione di microrganismi, nonché essere antinquinante ed isotropo.

Il geotessile dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori. Il produttore dovrà rilasciare una dichiarazione di conformità sul materiale fornito attestante le caratteristiche tecniche richieste.

Il materiale, del peso previsto in progetto per l'impiego specifico e costituito da Geotessile nontessuto agugliato e termofissato da fiocco in polipropilene alta tenacità stabilizzato UV, e deve rispondere ai seguenti requisiti minimi:

- _ Massa areica (EN ISO 9864): 400 g/mq;
- _ Spessore sotto 2 kPa (EN ISO 9863): 2.20 mm;
- _ Resistenza a trazione MD (EN ISO 10319): 30.0 kN/m;
- _ Resistenza a trazione CMD (EN ISO 10319): 30.0 kN/m;
- _ Deformazione a rottura MD (EN ISO 10319): 50%;
- _ Deformazione a rottura CMD (EN ISO 10319): 55%;
- _ Resistenza a punzonamento statico CBR (EN ISO 12236): 5.5 kN;
- _ Diametro del foro alla prova di punzonamento dinamico (EN ISO 13433): 11 mm;
- _ Diametro di filtrazione O90 (EN ISO 12956): 55 µm;
- _ Permeabilità normale al piano (EN ISO 11058): 40 l/s*m.

Il geotessile dovrà essere marcato CE in conformità alle norme armonizzate pertinenti all'applicazione cui è destinato il prodotto. La valutazione della conformità dei dati verrà effettuata tenendo conto dei dati medi indicati in scheda tecnica e delle tolleranze espresse sulle schede di marcatura CE.

L'accettazione del prodotto è subordinata alla presentazione alla DL della scheda tecnica del prodotto, del certificato di conformità CE alla norma indicata, del certificato di qualità aziendale del produttore;

la fornitura dovrà essere accompagnata dalla scheda CE del prodotto, dalla dichiarazione di conformità secondo UNI EN ISO 17050.

E' possibile l'accettazione di tipologie anche diverse di materiali (trama ordito, ecc.) che forniscano le stesse o migliori prestazioni di efficienza di quelle indicate in progetto e nel presente capitolato, senza riconoscimento di ulteriori costi di quelli di progetto.

La campionatura deve essere eseguita, per ciascuna fornitura omogenea, secondo la Norma UNI8279/Parte 1.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 26 di 105

I prelievi dei campioni sono eseguiti a cura dell'Impresa sotto il controllo della Direzione Lavori. Le prove devono essere effettuate presso Laboratori riconosciuti dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti preliminarmente su materiali approvvigionati in cantiere prima del loro impiego, successivamente su materiali prelevati durante il corso dei lavori.

Il piano di stesa del geotessile deve essere perfettamente regolare, la giunzione dei teli deve essere realizzata mediante sovrapposizione per almeno 30cm, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale.

I teli non debbono essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con le operazioni di stesa degli strati di materiali inerti della fondazione delle sovrastrutture di progetto previste.

2.6.6 Controlli

Controllo delle forniture

In corso d'opera devono essere effettuate prove di controllo su campioni prelevati in sito, prima della posa in opera del materiale, in contraddittorio con la Direzione dei lavori, sia per le necessità connesse alla costruzione degli strati, particolarmente per quanto riguarda il costipamento, sia per evidenziare che non abbiano a verificarsi derive nella qualità dei materiali. Il numero dei campioni dipende dall'eterogeneità dei materiali interessati; per ogni approvvigionamento omogeneo la numerosità delle prove di attitudine deve rispettare i criteri quantitativi riportati nella Tabella 58-6 salvo diverse e documentate prescrizioni della Direzione Lavori.

Tabella 58-6 Frequenza minima dei controlli delle forniture dei materiali (una prova ogni..m3)

Destinazione	Rilevato		Sottofondo		Massicci rinforzati	
	Primi 10000 m3	Ulteriori m3	Primi5000 m3	Ulteriori m3	Primi 5000 m3	Ulteriori m3
Materiali sciolti naturali						
Classificazione CNR-UNI 10006 -2002	2000	4000	1000	2000	1000	2000
Costipamento	5000	10000	2500	5000	2500	5000
CBR			2500 (1)	5000 (1)		
Materiali riciclati						
Requisiti delle Tabelle 1-4 e 1-5	1000	2000				
Requisiti delle Tabelle 1-8 e 1-9			1000	2000		
Costipamento	1000	2000	1000	2000		
CBR			1000	2000		
Tutti i materiali						
Umidità naturale	500	1000	500	1000	500	1000
(1) Solo per i materiali non appartenenti al gruppo A1-a						

Controlli prestazionali sugli strati finiti

Le prove di controllo della portanza devono essere effettuate mediante misure del modulo di deformazione Md, al primo ciclo di carico, secondo quanto previsto dalla norma CNR 146/92.

Per valutare il grado di costipamento la Direzione Lavori può prescrivere l'esecuzione di prove di modulo a doppio ciclo di carico (CNR B.U. 146/92).

La determinazione del modulo al secondo ciclo di carico permette, in ogni caso, di ottenere più ampi elementi di giudizio sulla qualità meccanica degli strati posti in opera, ivi compresi quelli sottostanti lo strato esaminato. Il rapporto tra il valore del modulo di deformazione Md' al secondo ciclo di carico ed il valore del modulo di deformazione Md al primo ciclo di carico dovrà, in ogni caso, essere non superiore a 2.5. La prova di carico a doppio ciclo risulta inoltre necessaria quando le prove di portanza non sono seguite immediatamente dopo l'ultimazione del costipamento e, pertanto, è ragionevole temere che le misure al primo ciclo possano risultare influenzate dal disturbo prodotto dagli agenti atmosferici sulla parte più superficiale dello strato.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 27 di 105

In alternativa, o anche ad integrazione delle misure di modulo di deformazione, il controllo della portanza degli strati finiti può essere effettuato mediante misure di deflessione, operando con mezzi ad alto rendimento che consentono la determinazione del modulo elastico dinamico equivalente Med. Le soglie da raggiungere devono essere determinate, preliminarmente, sulla base delle correlazioni stabilite in campo prova tra il modulo Med e il modulo di deformazione Md, tenuto conto della struttura da realizzare e del materiale in esame. Le misure di deflessione risultano, generalmente, assai più rapide dalle misure di modulo di deformazione e, pertanto, possono essere convenientemente predisposte per ottenere una rappresentazione della variazione della portanza sull'intera estensione dello strato esaminato, sia in senso longitudinale, sia in senso trasversale, se ciò è ritenuto necessario, come nel caso degli ampliamenti e delle sezioni a mezza costa. Queste determinazioni possono inoltre rappresentare la base per la scelta dei punti in cui effettuare misure del modulo di deformazione Md se occorre determinare la distribuzione spaziale della portanza degli strati di rilevato realizzati, finalizzata al sezionamento del rilevato in tronchi omogenei di portanza.

Dato che la portanza di una terra o di un materiale granulare dipende dal suo contenuto d'acqua in misura più o meno maggiore in relazione alla natura del materiale stesso, i livelli prestazionali indicati nella Tabella 58-7 si riferiscono a contenuti d'acqua "w" compresi tutti nell'intervallo:

$$w_{ott} - 2,0\% < w < w_{ott} + 2,0\%$$

(w_{ott} = umidità ottima di costipamento ricavata con prove AASHTO Mod.)

Se il contenuto d'acqua "w" del materiale al momento delle prove dovesse risultare esterno all'intervallo sopra specificato, la capacità portante può essere stimata a partire dalle relative misure effettuate tenendo opportunamente conto dell'influenza dell'umidità. Ciò richiede che per il dato materiale siano determinate preliminarmente nel campo prova le correlazioni tra la capacità portante e l'umidità del materiale stesso.

Quando le suddette correlazioni non siano state determinate, nel caso delle prove di carico con piastra o di deflessione, occorre ricondurre il contenuto d'acqua del materiale (per uno spessore di almeno 15 cm) all'interno dell'intervallo sopraindicato.

Tabella 58-7 Criteri di qualità e requisiti per gli strati di rilevato e sottofondo

Strato	Traffico	Grado di addensamento % Y _{s max} di laboratorio	Modulo di deformazione Md (N/mm ²)
Sottofondo 1	P e PP	≥ 95% AASHTO Mod.	≥ 50
	L e M	≥ 93% AASHTO Mod..	≥ 40
Rilevato 2	P e PP	≥ 92% AASHTO Mod.	≥ 30
	L e M	≥ 90% AASHTO Mod..	≥ 25

1 In trincea, in tutto lo spessore dello strato di bonifica del sottofondo; in rilevato, nello strato superiore fino ad 1,0 m dal piano di sottofondo;

2 Strati posti a più di 1,00 m dal piano di posa della pavimentazione;

La Tabella 58-7 riassume i livelli minimi delle prestazioni richieste ai differenti strati posti in opera, in relazione alla loro posizione ed al tipo di traffico.

Tenuto conto delle situazioni localmente presenti, per gli strati di sottofondo possono assumersi soglie minime diverse da quelle riportate nella Tabella 58-7, purché considerate nel progetto della pavimentazione, si veda a tal proposito la relazione specialistica, e giustificate sotto il profilo tecnico-economico.

Se indichiamo con Md il valore del modulo di deformazione di progetto e con Md,sito il valore del modulo di deformazione determinato sul materiale posto in opera dopo un tempo di maturazione compreso tra 12 e 24 ore, nel caso in cui il valore di Md,sito sia inferiore a Md saranno applicate le seguenti detrazioni:

se Md sito ≥ 0.95*Md nessuna detrazione

se 0.95*Md > Md sito ≥ 0.90*Md 10% di detrazione

se 0.90*Md > Md sito ≥ 0.80*Md 20% di detrazione

se Md sito < 0.80*Md rifacimento della stabilizzazione

Frequenza dei controlli sugli strati finiti

La frequenza delle prove di controllo degli strati finiti deve rispettare quanto previsto nella Tabella 58-8, salvo diverse e documentate prescrizioni da parte della Direzione Lavori.

Tabella 58-8 Frequenza minima dei controlli per ciascuno strato finito (una prova ogni ...m2)

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	28 di 105

Destinazione	Corpo del rilevato		Sottofondo	
	Primi 10000 m2	Ulteriori m2	Primi 5000 m2	Ulteriori m2
Tipo di prova				
Grado di addensamento	2000	4000	1000	2000
Modulo Md e Md/M'd	2000	4000	1000	2000
Modulo elastico Dinamico equivalente Med	400	400	200	200

Tolleranze sui risultati

Per ciascun tipo di prova di controllo, nel caso in cui il numero delle misure risulti inferiore a 5, come può avvenire per lavori di entità molto modesta, tutti i valori misurati devono rispettare le soglie minime riportate nella Tabella 58-7. Negli altri casi si può accettare che su 5 risultati di una stessa prova di controllo una possa non rispettare i valori minimi richiesti, purché lo scostamento di tali valori non ecceda:

- il 5%, per le misure di massa volumica secca gs;
- il 10%, per le misure di portanza (modulo Md e M'd).

Per le prove di portanza ad alto rendimento la media dei valori del modulo Med ricavata da almeno 12 determinazioni non dovrà essere inferiore ai valori minimi prestabiliti. Può essere tollerato uno scostamento da tali valori minimi purché lo scostamento stesso non ecceda il 20%.

Tolleranze di esecuzione dei piani di progetto

La misura delle tolleranze va eseguita mediante regolo di 4 m di lunghezza (Norma UNI EN 13036-7: 2004), disposto secondo due direzioni ortogonali; gli scostamenti vanno letti in direzione normale ai piani considerati.

L'Impresa è tenuta a rispettare le seguenti tolleranze d'esecuzione sui piani finiti:

- $\pm 2\%$ per la pendenza delle scarpate di trincea e di rilevato;
- ± 3 cm, per i piani di sottofondo;
- ± 5 cm, per i piani di appoggio degli strati di sottofondo;
- ± 10 cm, per i piani delle scarpate, sia nel caso vengano rivestite con terra vegetale, sia in caso contrario.

2.6.7 Riempimenti

Con la generica denominazione di riempimenti si individuano diverse tipologie di lavorazioni che riguardano: sistemazioni di tratti di rilevato rimasti in sospeso, rinterro di cavi praticati nel corpo stradale per diversi scopi (come ad esempio la posa di sottoservizi), riempimenti a ridosso di opere di sostegno, ripristino di cavi di fondazioni intorno a strutture murarie, sistemazioni ambientali. La compattazione, generalmente difficoltosa per la ristrettezza degli spazi e per la delicatezza dei manufatti interessati, non deve giustificare rinuncia di sorta alle portanze prescritte.

E' necessario, pertanto, impiegare materiale granulare selezionato, efficacemente sensibile al costipamento per vibrazione.

I materiali, trasportati mediante autocarri o mezzi simili, non devono essere scaricati direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositati in loro vicinanza e successivamente posti in opera a strati per essere compattati con mezzi adatti.

L'Impresa deve evitare di realizzare rilevati e/o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza e non deve operare mediante grossi rulli vibranti entro una distanza inferiore a 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie.

Alle spalle di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, come piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di deformabilità e addensamento richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Nell'eseguire la formazione dei riempimenti o dei tratti di rilevato rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc., si deve garantire la continuità con la parte già realizzata, impiegando materiali e livelli di compattazione identici onde ottenere analoghe caratteristiche prestazionali degli strati finiti. A ridosso delle murature dei manufatti, la Direzione Lavori ha facoltà di ordinare la stabilizzazione a cemento dei rilevati mediante miscelazione in sito del legante con i materiali predisposti, privati delle pezzature maggiori di 40 mm, qualora lo ritenga necessario in relazione alle caratteristiche dei terreni ed anche in aggiunta alle previsioni progettuali. La stabilizzazione deve interessare una zona la cui sezione, lungo l'asse stradale, sia a forma trapezia, avente la base inferiore di 2,00 m, quella superiore pari a 2,00 m + $\frac{3}{2}h$ e l'altezza h coincidente con quella del rilevato. Il cemento, di tipo normale, va aggiunto in ragione di 25-50 kg/m³ di materiale compattato; l'esatto quantitativo, entro i suddetti limiti, deve essere determinato sperimentalmente dall'Impresa e sottoposto all'approvazione della Direzione Lavori.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 29 di 105

La miscela deve essere compattata fino al 95% della massa volumica massima del secco, ottenuta con energia AASHTO Modificata (CNR 69/78), procedendo per strati di spessore non superiore a 30 cm. usi stradali (Campionatura dei bitumi)", Ed. 1980.

3 DEMOLIZIONI

3.1 MURATURE

Le demolizioni di murature di qualsiasi genere (armate e non, in precompresso), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione anche in breccia, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione Lavori:

- scalpellatura a mano o meccanica;
- martello demolitore;

Le demolizioni dovranno essere eseguite con ordine e con le necessarie precauzioni in modo da prevenire qualsiasi infortunio al personale addetto, evitando inoltre tassativamente di gettare dall'alto i materiali i quali dovranno invece essere trasportati o guidati in basso.

Inoltre l'impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbatacchiare le parti pericolanti e tutte le cautele al fine di non danneggiare le strutture sottostanti e le proprietà di terzi.

L'Impresa sarà pertanto responsabile di tutti i danni che una cattiva conduzione nelle operazioni di demolizioni potessero arrecare alle persone, alle opere e cose, anche di terzi.

4 OPERE STRUTTURALI

4.1 ONERI DI DEPOSITO DEL PROGETTO ESECUTIVO

È onere dell'Appaltatore il Deposito del progetto esecutivo delle opere in calcestruzzo armato ed a struttura metallica presso gli Enti preposti, ai sensi della Legge 1086/71 e s.m.i.

4.2 OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO SEMPLICE E ARMATO

Sono realizzate in calcestruzzo semplice e armato le opere di fondazione dell'impalcato metallico, costituite da plinti su pali, le opere di sostegno dei rilevati (muri contro terra, manufatti a sezione scatolare per il deflusso delle acque, ecc..) le opere di fondazione dei manufatti complementari quali le gabbionate, le scale metalliche di accesso ai rilevati arginali, le opere di fondazione delle recinzioni e delle strutture in acciaio posizionate all'ingresso al Parco della Piana dalla statale 66 e nelle aree di sosta, ecc.

Il conglomerato cementizio per strutture in fondazione ed in elevazione deve avere resistenza caratteristica e parametri di lavorabilità, classe di esposizione, diametro massimo inerti ecc. corrispondenti a quelli indicati negli elaborati grafici di progetto e nelle Relazioni di Calcolo. Tali caratteristiche devono essere chiaramente indicate nei documenti di trasporto delle forniture in cantiere. E' compreso ogni onere per la fornitura, formazione e disarmo dei ponteggi, per pilonatura e vibratura per disarmanti e per additivi fluidificanti, per materiali, per mano d'opera, e per aggotamenti anche mediante abbattimento di falda. Compreso gli oneri per le predisposizioni di fori, tracce, cavità, ecc., su indicazioni della DL, anche dove non espressamente indicato negli elaborati grafici. Si intende compresa e compensata anche la realizzazione degli smussi sui bordi e gli spigoli delle superfici, mediante l'impiego di idonei profili in plastica, secondo le indicazioni della DL, anche dove non espressamente indicato negli elaborati grafici.

Tutte le strutture in conglomerato cementizio dovranno essere eseguite secondo le migliori regole d'arte, in modo da risultare perfettamente omogenee, ben collegate e allineate ai piani orizzontali e verticali, con tolleranza mai maggiore di 15 mm, sia in sporgenza che in rientranza. Non saranno ammessi affioramenti di orditura, boiaccature o rappezzi con intonaci.

I conglomerati preconfezionati dovranno essere consegnati in cantiere pronti all'uso, senza nessun trattamento preventivo, è compreso e compensato l'impiego di additivi idrofughi tipo MAPEI IDROCRETE secondo le quantità e le specifiche richieste dalla DL in tutte le opere di fondazione e contenimento del terreno; non sarà consentito il getto del conglomerato a temperature minori di 0° C, salvo il ricorso a opportune cautele, come l'impiego di additivi antigelo, previa comunque autorizzazione esplicita della Direzione Lavori; nella stagione calda, in particolare quando il getto è esposto all'azione diretta dei raggi del sole, si dovranno adottare speciali cautele (innaffiamenti, coperture, etc) .In ogni

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 30 di 105

caso la superficie dei getti dovrà essere mantenuta umida per almeno sette giorni, indipendentemente dalla stagione in essere.

Le Aziende fornitrici di conglomerati preconfezionati dovranno obbligatoriamente essere dotate di FPC di stabilimento, ai sensi di quanto richiamato nel capitolo 11 del D.M. 14.01.2008. non è ammesso il confezionamento in cantiere di calcestruzzi per l'impiego strutturale.

Nelle riprese di getto, se il conglomerato è già indurito si dovrà rimettere al vivo la superficie dei getti di prima fase, asportando la parte fine affiorata, rendendola scabra e lavandola con acqua, in modo da assicurare il collegamento efficace con ripresa del getto. Nelle fondazioni perimetrali dovrà essere inserito un nastro d'acciaio, con funzione di dispersore, al quale dovranno essere collegati la rete elettrica e tutti gli elementi in ferro della costruzione.

4.2.1 Specifiche tecniche

L'Impresa sarà tenuta all'osservanza delle prescrizioni di cui al D.M. 14.01.2008 (NTC08) e s.m.i., nonché della normativa ad esso collegata UNI EN 206-1:2006.

4.2.2 Durabilità

La durabilità delle opere in conglomerato cementizio è definita dalla capacità di mantenere nel tempo, entro limiti accettabili per le esigenze di esercizio, i valori delle caratteristiche funzionali in presenza di cause di degradazione. Le cause di degradazione più frequenti sono i fenomeni di corrosione delle armature, i cicli di gelo-disgelo, l'attacco di acque aggressive di varia natura e la presenza di solfati. La degradazione va prevenuta applicando nelle fasi di progettazione e di esecuzione la Norma UNI EN 206-1:2006.

4.2.3 Prescrizioni operative – Getto, stagionatura e disarmo

Prevenzione delle fessure di 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 giorni, 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 EN 206-1:2006: 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.

Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura i getti dovranno essere riparati da possibilità di urti, vibrazioni e sollecitazioni di ogni genere. La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze. In assenza di specifici accertamenti, l'Impresa dovrà attenersi a quanto stabilito nella Norma Tecniche emanate in applicazione dell'art. 21 della Legge 5.11.1971 n. 1086 (DM. 14.01.2008 e successivi aggiornamenti).

Protezione dopo la scasseratura

Si richiama integralmente il punto 10.6 della Norma UNI EN 206-1:2006; 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 10.6.4, prospetti XII e XIII, della Norma UNI EN 206-1:2006.

Predisposizione di fori, tracce, cavità, ammorsature, oneri vari

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 31 di 105

L'Impresa avrà a suo carico il preciso obbligo di predisporre in corso di 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 etc. per la posa in opera di apparecchi accessori quali giunti, appoggi, pluviali, passi d'uomo, sedi di tubi e di cavi, opere di interdizione, parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti ecc.

L'onere relativo è compreso e compensato nei prezzi unitari e pertanto è ad esclusivo carico dell'Impresa. 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 di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

4.2.4 Controlli

Controlli preventivi

L'Impresa sarà tenuta a presentare, in tempo utile prima dell'inizio dei getti, all'esame della Direzione dei Lavori i risultati dello studio preliminare di qualificazione eseguito per ogni tipo di conglomerato cementizio la cui classe figura nei calcoli statici delle opere comprese nell'appalto al fine di comprovare che il conglomerato proposto avrà resistenza non inferiore a quella richiesta dal progetto.

Tale studio, da eseguire presso un Laboratorio autorizzato, dovrà indicare anche natura, provenienza e qualità degli inerti, granulometria degli stessi, 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.

La Direzione dei Lavori autorizzerà l'inizio del getto dei conglomerati cementizi solo dopo aver avuto dall'Impresa i certificati dello studio preliminare rilasciati da un Laboratorio autorizzato ed aver effettuati gli opportuni riscontri, ivi comprese ulteriori prove di laboratorio.

L'esame e la verifica, da parte della Direzione dei Lavori, dei certificati preliminari di qualificazioni, non esonera in alcun modo l'Impresa dalle responsabilità ad essa derivanti per legge e per pattuizioni del contratto, restando stabilito che, malgrado i controlli eseguiti dalla Direzione dei Lavori, essa Impresa rimane diretta responsabile delle opere a termine di legge; pertanto essa sarà tenuta a rispondere degli inconvenienti di qualunque natura, importanza e conseguenza che avessero a verificarsi.

L'Impresa sarà tenuta inoltre a presentare all'esame della Direzione dei Lavori i progetti delle opere provvisionali (centine, armature di sostegno e attrezzature di costruzione).

Il conglomerato prodotto in stabilimento dovrà essere obbligatoriamente dotato di certificazione FPC che l'Impresa Appaltatrice dovrà fornire alla D.L. unitamente ai documenti di trasporto dei singoli getti.

Controlli di accettazione in cantiere

Tutti gli oneri relativi alla serie di prove saranno a carico dell'Impresa. I controlli in opera saranno svolti in conformità a quanto specificato al Cap. 11 del D.M. 14.01.2008 NTC08. Nel caso che il valore della resistenza caratteristica ottenuta sui provini risulti essere inferiore a quello indicato nel progetto e nei disegni di progetto approvati dal Direttore dei Lavori, questi potrà, a suo insindacabile giudizio, ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata, in attesa dei risultati delle prove della seconda serie di prelievi, eseguite presso Laboratori ufficiali.

Qualora dalle prove eseguite presso i Laboratori autorizzati risultasse un valore della R_{ck} inferiore a quello indicato nei progetti o comunque inferiore alle prescrizioni di legge, occorre procedere, a cura e spese dell'Impresa, ad un controllo teorico e/o sperimentale della struttura interessata dal quantitativo di conglomerato non conforme sulla base della resistenza ridotta del conglomerato ovvero ad una verifica delle caratteristiche del conglomerato messo in opera mediante prove complementari, o col prelievo di provini di calcestruzzo indurito messo in opera o con l'impiego di altri mezzi di indagine. Tali controlli e verifiche formeranno oggetto di una relazione supplementare nella quale si dimostri che, ferme restando le ipotesi di vincoli e di carico delle strutture, la R_{ck} è ancora compatibile con le sollecitazioni previste in progetto, secondo le prescrizioni delle vigenti norme di legge.

Se tale relazione sarà approvata dalla Direzione dei Lavori il calcestruzzo verrà accettato.

Nel caso che la R_{ck} non risulti compatibile con le sollecitazioni previste in progetto o con le specifiche di legge, l'Impresa sarà tenuta a sua 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 dei Lavori. Nessun indennizzo o compenso sarà dovuto all'Impresa se la R_{ck} risulterà maggiore a quella indicata nei progetti.

La Direzione dei Lavori si riserva di prelevare campioni di conglomerato cementizio anche da strutture già realizzate e stagionate, oppure di effettuare, in caso eccezionale, sulle opere finite, armate o non, misure di resistenza a compressione, non distruttive, a mezzo sclerometro. Tale onere è a carico dell' Appaltatore.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 32 di 105

Ciascuna prova o misura di resistenza a mezzo sclerometro verrà eseguita nel modo seguente:

- 1) nell' intorno del punto prescelto dalla Direzione dei Lavori verrà fissata una area non superiore a 0.1 m²; su di esso si eseguiranno 10 percussioni con sclerometro, annotando i valori dell'indice letti volta per volta;
- 2) si determinerà la media aritmetica di tali valori;
- 3) verranno scartati i valori che differiscono dalla media più di 15 centesimi dell'escursione totale della scala dello sclerometro;
- 4) tra i valori non scartati, se non inferiori a 6, verrà dedotta la media aritmetica, che attraverso la tabella di taratura dello sclerometro, darà la resistenza a compressione del calcestruzzo;
- 5) se il numero dei valori non scartati è inferiore a 6 la prova non sarà ritenuta valida e dovrà essere rieseguita in una zona vicina.

Di norma, per ciascun tipo di sclerometro verrà adottata la tabella di taratura fornita dalla relativa casa costruttrice; la Direzione dei Lavori si riserva di effettuare in contraddittorio la taratura dello sclerometro direttamente su provini che successivamente verranno sottoposti a prova distruttiva di rottura a compressione. Per l'interpretazione dei risultati è buona norma procedere anche a prove di confronto su strutture le cui prove di controllo abbiano dati risultati certi.

Nella eventualità di risultati dubbi, si dovrà procedere al controllo diretto della resistenza a rottura per compressione mediante prove distruttive su provini prelevati direttamente in punti opportuni delle strutture già realizzate, mediante carotature, tagli con sega a disco, estrazione di grossi blocchi, etc. (Norma UNI EN 12390-3:2003).

Per gli inerti inoltre dovranno essere eseguite giornalmente per ogni singola classe le determinazioni della granulometria e dell'umidità.

Fermo restando quanto detto, riguardo alla resistenza dei calcestruzzi, la Direzione dei Lavori si riserva la facoltà di prelevare, in ogni momento e quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di calcestruzzo, da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

In particolare, in corso di lavorazione, sarà controllata la consistenza, l'omogeneità, il contenuto d'aria ed il rapporto acqua-cemento.

La prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono di Abrams (slump test), come disposto dalla Norma UNI EN 206-1:2006. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi fra 2 e 20 cm Per abbassamenti inferiori a 2 cm si dovrà eseguire la prova con la tavola a scosse secondo il metodo DIN 1048, o con l'apparecchio VEBE'.

La prova di omogeneità è prescritta in modo particolare quando il trasporto del conglomerato avviene mediante autobetoniera.

Essa verrà eseguita vagliando due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4.76 mm

La percentuale in peso di materiale grosso nei due campioni non dovrà differire più del 10%. Inoltre l'abbassamento al cono dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di cm 3.

La prova del contenuto d'aria è richiesta ogni qualvolta si impieghi un additivo aerante. Essa verrà eseguita con il metodo UNI EN 12350-7:2002.

Il rapporto acqua-cemento dovrà essere controllato determinando l'acqua contenuta negli inerti e sommando tale quantità all'acqua di impasto.

In fase di indurimento potrà essere prescritto il controllo della resistenza a diverse epoche di maturazione, su campioni appositamente confezionati.

4.2.5 Realizzazione dei pali di fondazione

I pali di fondazione dell'impalcato saranno di diametro finito 800 mm, in calcestruzzo armato, realizzati mediante sistema ad elica continua. La perforazione sarà eseguita mediante una trivella ad elica continua, di lunghezza e diametro corrispondenti alle caratteristiche geometriche dei pali da realizzare. L'anima centrale dell'elica deve essere cava, in modo da consentire il successivo passaggio del calcestruzzo. All'estremità inferiore dell'anima sarà posta una punta a perdere, avente lo scopo di impedire l'occlusione del condotto. La perforazione avverrà di norma regolando coppia e spinta in modo da avere condizioni di infissione prossime al perfetto avvitemento. In ogni caso il volume di terreno estratto per caricamento della trivella deve essere non superiore al volume teorico della perforazione.

Il calcestruzzo verrà pompato pneumaticamente entro il cavo dell'asta di perforazione che verrà progressivamente estratta, di norma senza rotazione.

La cadenza di getto deve assicurare la continuità della colonna di conglomerato. Pertanto l'estrazione dell'asta di trivellazione deve essere effettuata ad una velocità congruente con la portata di calcestruzzo pompato, adottando tutti gli accorgimenti necessari ad evitare sbulbature, ovvero a evitare interruzioni del getto.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 33 di 105

In particolare il circuito di alimentazione del getto dovrà essere provvisto di un manometro di misura della pressione. Durante l'operazione si dovrà verificare che la pressione sia mantenuta entro l'intervallo di 50÷150 kPa. Il getto dovrà essere prolungato fino a piano campagna, anche nei casi in cui la quota finita del palo sia prevista a quota inferiore.

La gabbia, verrà inserita a getto concluso mediante l'ausilio di un vibratore.

Dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti atti ad assicurare il centramento della gabbia entro la colonna di calcestruzzo appena formata. Se necessario, la gabbia dovrà essere adeguatamente irrigidita per consentirne la infissione. L'operazione di infissione deve essere eseguita immediatamente dopo l'ultimazione del getto, prima che abbia inizio la presa del calcestruzzo.

Si intende compresa e compensata, qualora necessaria, la perforazione, in terreni di qualsiasi natura, in presenza o meno di acqua, l'attraversamento di muratura e trovanti rocciosi o argillosi di qualsiasi spessore, nonché l'impiego di corone diamantate e di quant'altro per l'esecuzione ove necessario o comunque con altri sistemi ed attrezzature idonee, comprese camice metalliche di rivestimento provvisorio per tutta la lunghezza del palo, ecc.

L'armatura del palo sarà costituita da una gabbia di armatura realizzata secondo le specifiche del progetto esecutivo. I ferri longitudinali delle armature dovranno essere continui, il giunto delle barre d'armatura è ammesso solo previa approvazione della D.L. e comunque le sovrapposizioni delle barre dovranno avere lunghezza di almeno 80 diametri e le barre sovrapposte dovranno essere tra loro saldate prima della posa in opera al fine di garantire la continuità ed evitare sfilamenti durante le fasi di posa stessa.

Si intendono compresi e compensati tutti gli accorgimenti da porre in opera sulla testa del palo per contrastare l'azione di punzonamento - sfilamento, come la saldatura di zanche, uncini, piastre di contrasto ecc, secondo indicazioni della Direzione Lavori.

Si intende compreso e compensato l'ulteriore volume di calcestruzzo, in qualsiasi quantità, che dovesse essere impiegato nel riempimento del fusto del palo a causa dell'eventuale presenza di vuoti o cavità nel terreno in corrispondenza della perforazione.

Per il fatto stesso di aver rappresentato offerta l'Impresa dichiara di aver preso conoscenza del progetto delle fondazioni in tutte le sue parti e di averne verificata la realizzabilità. Nel caso di qualsiasi problematica nell'esecuzione del progetto esecutivo delle fondazioni e/o dell'ottenimento delle capacità portanti previste in progetto, l'Appaltatore è tenuto, reso noto il problema, ad eseguire le ulteriori indagine geotecniche qualora necessarie, a progettare la soluzione geotecnica più idonea all'esecuzione delle fondazioni, a fornire i materiali ed eseguire le opere relative, secondo la migliore soluzione e in conformità degli ordini della D.L., senza che spetti alcun compenso aggiuntivo.

Prove di carico su pali di fondazione

L'appaltatore dovrà eseguire prove di carico sui pali con lo scopo di accertare eventuali deficienze esecutive, verificare il margine di sicurezza disponibile nei confronti del sistema palo-terreno e valutare le caratteristiche di deformabilità del sistema palo-terreno. Tutti gli oneri di esecuzione delle prove, compresa l'eventuale esecuzione di pali di prova, è a cura è carico dell'appaltatore.

L'appaltatore dovrà eseguire almeno una prova di carico statica, su un uno dei pali realizzati, a discrezione della D.L. e almeno due prove di carico dinamiche con metodo "Case" su altrettanti pali, uno per versante, a discrezione della D.L..

In caso di risultati non conformi alle aspettative di progetto o comunque contrastanti, incompleti o insoddisfacenti, è facoltà della D.L. richiedere ulteriori prove, di qualsiasi natura si ritenessero necessarie, anche qualora comportino l'esecuzione di nuovi pali o pali destinati a prova. Ogni ulteriore onere di esecuzione resta a carico dell'Appaltatore.

Prima dell'esecuzione delle prove l'Impresa dovrà attendere la maturazione dei getti. Sarà quindi cura dell'Appaltatore definire le tempistiche per l'esecuzione dei pali e delle successive prove, senza che ciò influisca sul cronoprogramma complessivo dei lavori.

Prove di carico statiche

La prova di collaudo di tipo statico è di tipo assiale e non deve compromettere l'integrità del palo; il carico massimo da raggiungere durante la sua esecuzione è pari a 1,5 volte il carico d'esercizio ai sensi del par. 6.4.3.7.2 del DM 14 Gennaio 2008. Il carico sarà applicato mediante uno o più martinetti idraulici, con corsa ≥ 200 mm posizionati in modo da essere perfettamente centrali rispetto all'asse del palo; i martinetti saranno azionati da una pompa idraulica esterna e, unitamente al manometro della pompa, dovranno essere corredati da un certificato di taratura recente. Nel caso di impiego di più martinetti occorre che:

- i martinetti siano uguali;
- l'alimentazione del circuito idraulico sia unica.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 34 di 105

La reazione di contrasto sarà ottenuta tramite una zavorra la cui massa M dovrà essere non inferiore a 1,2 volte la massa equivalente al massimo carico di prova. La zavorra sarà sostenuta con una struttura costituita da una trave metallica di adeguata rigidità sul cui estradosso, tramite una serie di traversi di ripartizione, vanno posizionati blocchi di calcestruzzo. Per la misura dei cedimenti saranno utilizzati tre comparatori centesimali, con corsa massima non inferiore a 50 mm, disposti a 120° intorno all'insieme palo-terreno. Il sistema di riferimento sarà costituito da una coppia di profilati metallici poggianti su picchetti infissi nel terreno ad una distanza di almeno 3 diametri dal palo e sarà protetto dall'irraggiamento solare mediante un telo sostenuto con un traliccio di tubi Innocenti.

I pali prescelti saranno preparati mediante regolarizzazione della testa. Sopra la testa regolarizzata si provvederà quindi a poggiare una piastra metallica di ripartizione del carico di diametro adeguato, in modo da ricondurre la pressione media sul conglomerato a valori compatibili con la sua resistenza a compressione semplice; la superficie d'appoggio deve essere sufficiente a consentire il posizionamento dei martinetti e dei relativi centratori e del sistema di riferimento per la misura dei cedimenti. Tra i martinetti e la trave sarà interposto un dispositivo di centramento del carico, allo scopo di eliminare il pericolo di ovalizzazione del pistone. Il programma di carico e il numero di cicli dovranno essere proposti dall'Impresa e approvati dalla D.L. che potrà richiedere modifiche a propria totale discrezione.

Nel caso in cui l'impresa appaltatrice richiedesse alla D.L. la sostituzione del carico di prova di compressione dei pali con un carico applicato, tramite sistema idraulico e trave di contrasto ancorata a due pali laterali, e questa venisse autorizzata dalla stessa D.L., sarà obbligo dell'impresa appaltatrice provvedere, a propria cura e spese e senza variazione di prezzo, alla realizzazione degli ulteriori pali trivellati della lunghezza idonea ed all'approntamento di tutte le necessarie attrezzature di prova.

Prove di carico dinamiche

Le prove di collaudo di tipo dinamico non devono compromettere l'integrità del palo. Le prove dinamiche saranno eseguite con metodo "Case" secondo la norma ASTM D4945 "Standard test method for high-strain dynamic testing of deep foundations" e in base alle prescrizioni previste nel D.M. del 14 gennaio 2008.

La prova dinamica consisterà nella sollecitazione della testa del palo tramite l'utilizzo di un maglio di peso adeguato in caduta libera da varie altezze e nella rilevazione della forza immessa (mediante accelerometri) e delle deformazioni assiali (mediante estensimetri resistivi) indotte nella testa del palo.

Per l'esecuzione della prova dinamica è richiesta la realizzazione di un dado in calcestruzzo armato gettato in opera sopra la testa del palo, di dimensioni idonee in funzione della larghezza del palo stesso. Il dado ha la finalità di creare una superficie di appoggio per il maglio e permettere all'onda di forza di distribuirsi uniformemente su tutta la sezione del palo.

La massa battente, destinata a trasmettere l'impulso alla testa del palo, sarà costituita da un grave di peso sufficiente a trasmettere un'energia in grado di mobilitare la capacità portante ricercata. Tale massa dovrà essere rilasciata più volte in caduta libera sulla testa del palo da diverse altezze e, ad ogni impulso, verranno acquisiti i dati rilevati dai sensori. Gli accelerometri e gli estensimetri dovranno consentire di determinare l'evoluzione della velocità e della forza nel tempo in corrispondenza della testa del palo. Le modalità di esecuzione di ciascuna prova saranno definite a discrezione della D.L., in funzione dell'energia da trasferire al palo, in collaborazione con personale tecnico specializzato all'esecuzione delle prove stesse, messo a disposizione a dall'Appaltatore. L'Appaltatore ha inoltre l'onere, avvalendosi di personale specializzato, di correlare i dati ottenuti dalle prove di carico dinamiche con la prova di carico statica, al fine di evidenziare la congruenza (o meno) dei risultati. Gli esiti di tali indagini dovranno essere sottoposti alla D.L. mediante stesura relazione tecnica.

4.3 ACCIAIO PER CEMENTO ARMATO

L'acciaio previsto è del tipo B450C per quanto riguarda barre e ferri piegati e dovrà rispondere alle prescrizioni e proprietà richieste nelle "Norme tecniche per le costruzioni (DM 14.01.2008)" al punto 11.2 e quant'altro previsto per gli acciai tipo B450C. Per le reti elettrosaldate sarà impiegato esclusivamente acciaio del tipo B450A; è richiesta la conformità alla norma sopra richiamata. Le certificazioni dei produttori, ai sensi delle normative vigenti dovranno essere fornite alla D.L., per il nulla osta, prima di attivare la fornitura.

4.3.1 Specifiche tecniche

Gli acciai per armature di c.a. e c.a.p. debbono corrispondere ai tipi ed alle caratteristiche stabiliti dal Testo Unico NTC2008.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 35 di 105

4.3.2 Controlli di accettazione in cantiere

Le modalità di prelievo dei campioni da sottoporre a prova sono quelle previste dal Testo Unico D.M. 14.01.2008 NTC08. Per l'accertamento delle proprietà meccaniche vale quanto indicato nelle UNI EN ISO 15630-1 e UNI EN ISO 15630-2.

Tutte le partite di barre verranno sottoposte a controllo in cantiere. I campioni saranno prelevati in contraddittorio con l'Impresa ed inviati a cura e carico dell'Impresa, previa richiesta scritta della DL ad un Laboratorio autorizzato, proposto dall'Impresa e approvato dalla DL. Di tale operazione dovrà essere redatto apposito verbale controfirmato dalle parti.

4.4 CARPENTERIE IN LEGNO PER OPERE DI CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO

È prevista e inclusa nell'appalto la fornitura e posa in opera di sistemi di carpenteria normali in legno per opere di conglomerato cementizio armato compresi i ponteggi di servizio e spalmatura di apposito disarmante. Saranno genericamente previsti diversi i pannelli di carpenteria per fondazioni e pannelli per getti in elevazione.

4.4.1 Specifiche tecniche

I pannelli utilizzati per le elevazioni dovranno essere di tipo omogeneo mai utilizzati prima, non dovranno presentare delle fessure o degli imbarcamenti che possano ripercuotersi sul risultato estetico del getto. Tutti i pannelli dovranno essere impregnati prima della posa con prodotto disarmante tipo Mapei DMA per permettere il perfetto distacco del calcestruzzo di getto dal cassero stesso.

4.4.2 Controlli

I controlli saranno a completa discrezione della D.L.

4.5 STRUTTURE METALLICHE

4.5.1 Premessa.

Le principali strutture realizzate in carpenteria metallica sono: l'impalcato della passerella ciclopedonale che attraversa il Torrente Ombrone, le scale metalliche di accesso ai rilevati arginali, le recinzioni, i cancelli, le sedute, le opere di arredo urbano presenti lungo il percorso ciclopedonale che dalla strada SSR66 raggiunge il nuovo impalcato ciclopedonale. Le prescrizioni di seguito riportate sono valide anche per opere secondarie / di supporto, anche non specificatamente descritte o menzionate. I disegni del progetto esecutivo riportano le tipologie di acciaio da impiegare per ciascun manufatto nonché i trattamenti superficiali protettivi, ove previsti (es. zincatura, verniciatura, ecc.). Anche dove non espressamente indicato l'Impresa è tenuta a porre in essere i trattamenti superficiali che la DL richiederà all'occorrenza.

È previsto l'impiego di acciai di tipo Cor-ten per la realizzazione delle gradonate di profilatura degli argini in corrispondenza dell'impalcato, per la realizzazione delle recinzioni e manufatti di arredo urbano nell'area di accesso al Parco in corrispondenza della SSR 66, nonché che per la realizzazione di opere complementari, quali scale, rivestimenti, manufatti ad uso servizi ecc. . Per le strutture in acciaio Cor-ten in particolare le posizioni e le modalità di esecuzione delle saldature dovranno essere concordate con la DL al fine di garantire l'effetto estetico voluto dal progetto esecutivo. Valgono comunque le specifiche riportate nel seguito in merito alla realizzazione del progetto costruttivo e di officina da parte dell'Impresa, prima della lavorazione degli acciai.

4.5.2 Prescrizioni di carattere generale

Redazione del progetto costruttivo di officina

L'Impresa dovrà redigere il progetto costruttivo di officina di tutte le strutture e sottocomponenti strutturali e specificare le opere provvisorie e i mezzi d'opera occorrenti e sottoporlo all'approvazione preventiva della D.L. Tale progetto dovrà essere sviluppato in coerenza con il progetto strutturale esecutivo.

Negli elaborati grafici predisposti dall'impresa saranno accuratamente specificati i materiali previsti, i carichi di progetto e le fasi di lavoro nel loro ordine logico. Il progetto dovrà essere comprensivo di relazione di calcolo a firma di un tecnico abilitato nominato e remunerato dall'Impresa Appaltatrice. Nella relazione di calcolo dovranno essere contenute, tra l'altro, le verifiche di tutte le saldature, dei nodi e dei collegamenti, che l'Impresa dovrà realizzare.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 36 di 105

Allo scopo di assicurare comunque il buon esito della costruzione con un montaggio corretto ma anche privo di forzamenti, coazioni o adattamenti in opera, l'Impresa ha l'obbligo di rilevare a proprio carico l'esatta posizione delle strutture adiacenti, già esistenti o di progetto, prima di procedere alla stesura degli esecutivi d'officina. I disegni di rilievo e tracciamento dovranno essere sottoposti alla DL per approvazione. L'approvazione della D.L. non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ogni eventuale inesattezza

Si potrà verificare la necessità di modificare le dimensioni di alcuni elementi costruttivi a seguito degli esiti del rilievo di cui sopra. L'onere di tali adattamenti sarà comunque a carico dell'Impresa.

I disegni di progetto che accompagnano il progetto strutturale esecutivo sono disegni esecutivi per i particolari strutturali a cui si riferiscono ma possono non coprire l'intera casistica; l'Impresa in sede di redazione dei disegni di officina e di tutti i particolari della struttura dovrà pertanto sviluppare i particolari costruttivi non rappresentati nei disegni di progetto e richiedere l'approvazione alla Direzione Lavori.

La tipologia delle giunzioni tra i vari conci ed elementi dovrà essere corrispondente a quella indicata nel progetto esecutivo, si dovranno inoltre rispettare le prescrizioni generali relative alla produzione delle campate e alle modalità di varo di cui ai paragrafi seguenti. Le ulteriori giunzioni che l'Appaltatore vorrà porre in essere per questioni legate alla produzione, al trasporto, al montaggio in opera dell'impalcato, dovranno essere supportate da adeguata documentazione tecnica nonché sottoposte all'approvazione della DL, anche in relazione al risultato estetico che si intende ottenere.

Per il fatto stesso di aver rappresentato offerta l'Impresa dichiara di aver preso conoscenza del progetto in tutte le sue parti, di averne verificata la costruibilità e di impegnarsi a svilupparne in coerenza i disegni di officina anche qualora si debba constatare che nei disegni di progetto allegati non sono specificati alcuni particolari necessari alla costruzione o vi sono contraddizioni; l'Appaltatore è tenuto, reso noto il problema, a fornire i materiali ed eseguire le opere relative, secondo la migliore soluzione e in conformità degli ordini della D.L., senza che spetti alcun compenso aggiuntivo.

Prima delle lavorazioni di officina l'Impresa dovrà consegnare al D.L. tutti i disegni di officina per l'approvazione. L'approvazione della D.L. non solleva l'Impresa dalla responsabilità di ogni eventuale inesattezza e resta la facoltà della D.L. di ordinare la demolizione delle opere non correttamente eseguite.

Il progetto costruttivo di officina dovrà comprendere:

- **Relazione di calcolo**, conforme alle normative tecniche vigenti che riporti:

i materiali di cui è previsto l'impiego, le azioni statiche, le diverse condizioni di carico, i risultati delle verifiche.

- **Disegni costruttivi** delle opere in carpenteria metallica, in cui dovranno essere definiti:

- le caratteristiche delle giunzioni;
- i diametri, le classi di qualità e la distribuzione dei bulloni, ove previsti, dei fori relativi e le coppie di serraggio;
- le dimensioni dei cordoni di saldatura, i procedimenti di saldatura e la qualità degli elettrodi;

- **Specifiche tecniche** per la costruzione e il montaggio particolarmente dettagliate per quanto riguarda i rilievi e i controlli in officina ed in opera.

Il progetto dovrà essere tassativamente redatto in conformità al DM 14.01.2008.

Produzione e montaggio dell'impalcato - varo

Il ponte è composto da due campate laterali a sviluppo "piano" e da una campata centrale con sviluppo "ad arco". Le fasi di produzione e montaggio dovranno seguire lo schema logico di seguito descritto, finalizzato all'ottenimento delle maggiori garanzie in termini di qualità e durabilità delle strutture, nonché all'abbattimento delle deformazioni dovute ai pesi propri e permanenti portati dalle strutture:

- Le tre campate sopra elencate saranno realizzate in officina saldando gli elementi costitutivi e trasportate intere in situ per il montaggio. In particolare si prevede che l'assemblaggio in officina preveda anche il fissaggio dei parapetti e, per la campata centrale, della carenatura lignea intradossale e della pavimentazione (di cui potranno completarsi in opera il montaggio delle porzioni d'estremità, dopo aver effettuato le giunzioni con le campate laterali di cui di seguito).
- Si procederà dapprima al posizionamento delle campate laterali, mediante il collegamento alle fondazioni e l'appoggio negli alloggiamenti predisposti nel corpo degli archi lapidei.
- Si procederà poi al posizionamento degli stralli collegandoli all'estremità interne delle campate laterali, agli elementi di collegamento posti sulla sommità degli archi lapidei e ai plinti.
- I tiranti saranno posti in trazione per portare in posizione gli impalcato. Le frazioni laterali saranno quindi poste in grado di ricevere sulla sezione terminale interna il carico della porzione centrale.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 37 di 105

- Sarà infine varata la campata centrale ed effettuate le saldature nei nodi di collegamento con le campate laterali. Dopo il posizionamento del tronco centrale gli stralli saranno nuovamente tesati per azzerare le deformazioni dovute ai pesi della struttura.

Le operazioni di posa in opera in situ saranno effettuate mediante lo stazionamento di due autogrù disposte in corrispondenza degli argini di sinistra e destra idraulica. Gli accessi al cantiere delle autogrù e degli automezzi adibiti al trasporto delle campate del ponte avverranno attraverso la viabilità esistente e i nuovi rilevati interni al cantiere. Resta a cura e carico dell'Impresa l'onere di garantire la percorribilità dei percorsi esistenti (via Regina Margherita, via di Bogaia ecc..) anche con allargamenti e modifiche localizzate dei tracciati, nonché di realizzare le opere provvisoriale, quali rilevati, inghiaiami, opere di fondazione, piazzali, ecc.. atte al transito e allo stazionamento delle autogrù e aventi portanza idonea a sostenere la pressione degli stabilizzatori.

L'impresa dovrà sottoporre con congruo anticipo alla D.L. un piano dettagliato di trasporto e montaggio dell'opera.

In merito alle fasi di produzione in officina delle singole campate, esse seguiranno la sequenza logica di seguito descritta:

- sabbatura manuale doppia incrociata a metallo bianco in stabilimento di tutti gli elementi strutturali in carpenteria metallica;
- produzione delle campate, esecuzione delle saldature e degli assemblaggi in officina;
- ulteriore sabbatura e pre-zincatura dei cordoni di saldatura;
- zincatura a spruzzo doppio incrociato in stabilimento di tutti gli elementi strutturali in carpenteria metallica (tralasciando le porzioni nell'intorno di tutti i collegamenti per saldatura dei vari elementi strutturali che avverranno in opera);
- campionatura con tutte le varianti di tinta richieste dalla D.L. di un pezzo tipo per ciascuna tipologia di elemento strutturale da sottoporre a verniciatura;
- verniciatura con una mano di primer epossipoliamicidico protettivo di tutti gli elementi strutturali in carpenteria metallica;
- verniciatura a spruzzo a due riprese con smalto bicomponente a base di resine poliuretaniche ed acriliche (RAL a scelta della D.L.) di tutti gli elementi strutturali in carpenteria metallica;
- applicazione a spruzzo (mediante nebulizzazione a pressione) di trattamento protettivo antiruggine a film grasso – oleoso all'interno dei profili tubolari costituenti la struttura portante metallica del ponte.
- pre-collauda statico delle campate prima del trasporto.
- trasporto in cantiere dei vari elementi strutturali in carpenteria metallica e loro assemblaggio definitivo mediante saldatura in opera.

Successivamente al varo si procederà mediante la seguente sequenza di attività:

- completamento delle operazioni di zincatura, applicazione del primer protettivo e di due mani di smalto bicomponente in corrispondenza delle zone di collegamento per saldatura dei vari elementi strutturali;
- esecuzione delle operazioni di ritocco dello strato di smalto bicomponente a seguito dell'eventuale deterioramento di tale strato in fase di montaggio;
- esecuzione del collauda statico dell'impalcato-

Durante tutte le fasi di produzione in officina la D.L. potrà eseguire tutti i sopralluoghi ispettivi che riterrà necessari, a sua completa discrezione e richiedere le prove del caso, secondo le specifiche di cui ai paragrafi successivi.

Posto che l'impresa, presentando l'offerta, dichiara di aver verificata l'eseguibilità di quanto sopra descritto, nonché del trasporto e montaggio dell'impalcato come sopra indicato, è facoltà dell'Appaltatore proporre, a propria cura e carico, modalità alternative di realizzazione delle attività di cui sopra, nel rispetto degli standard qualitativi del progetto esecutivo, delle tempistiche indicate nel cronoprogramma e delle condizioni a contorno, sia all'interno dell'area di cantiere sia in relazione alla viabilità pubblica.

4.5.3 Specifiche relative alle opere in acciaio – Materiali

Prodotti laminati a caldo

Dove non diversamente specificato si impiegheranno acciai S355 delle tabelle UNI EN 10025:2005, tutti i materiali dovranno essere qualificati ai sensi dell'allegato 8 DM LLPP 9 Gennaio 1996 ed al punto 11.3 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14.01.2008). Dovranno essere raccolti e conservati i relativi certificati di collauda e dichiarazioni.

Per i prodotti laminati destinati a essere saldati si dovranno eseguire oltre alle prove relative al controllo delle caratteristiche meccaniche di cui al punto 7.4 UNI-EN 10025 anche i controlli di cui al punto 2.4 istruzioni CNR 10011-86. La D.L. delle strutture potrà procedere ad ulteriori controlli dei materiali secondo quanto previsto al punto 10.3.2 delle CNR 10011-86 ed al punto 11.3 delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14.01.2008).

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 38 di 105

All'atto dell'approvvigionamento dei materiali l'Appaltatore dovrà tener conto delle maggiori lunghezze di ordinazione necessarie al prelievo dei saggi da sottoporre a prova, nonché agli sfridi di lavorazione. Tutto il piastrame dovrà provenire da lamiera.

Bulloni

I bulloni saranno di classe non inferiore a quelle indicate sui disegni secondo UNI 3740-1:1999 ed avranno caratteristiche dimensionali conformi alle UNI EN 14399-3:2005 per le viti e per i dadi.

La lunghezza della zona filettata dei bulloni dovrà essere proporzionata allo spessore totale da serrare, si farà comunque uso di rosette piane sotto dado per tutti i bulloni.

Non è ammesso l'impiego di bulloni che non portino su viti e dadi il contrassegno con marchio del produttore e la classe.

Elettrodi per saldature

Per le saldature manuali ad arco si farà uso dei seguenti elettrodi secondo UNI EN ISO 2560:2007

- E 44 per acciai S355JR

4.5.4 Prescrizioni di esecuzione

I disegni di officina e l'esecuzione delle strutture debbono essere condotti nel rispetto del D.M. 14.01.2008 e delle istruzioni CNR 10011/86 ed in particolare dei punti 2.5 (saldature), 2.6 e 4.1.3 (bulloni e loro serraggio), 9 (regole pratiche di progettazione ed esecuzione).

I tagli (anche curvilinei) dovranno essere rifiniti meccanicamente a spigolo vivo e privi di qualsiasi irregolarità; le saldature dovranno essere raccordate in modo continuo ed uniforme al materiale base.

Il rispetto delle prescrizioni richiamate non esonera comunque l'Impresa dall'obbligo di adottare le tecniche e i procedimenti di lavorazione più appropriati restando comunque l'Impresa pienamente responsabile della buona esecuzione dei lavori.

Giunzioni saldate

Il costruttore dovrà essere dotato di una organizzazione interna che permetta una adeguata gestione di tutte le attività di saldatura di officina concorrenti alla realizzazione dell'opera.

A tal fine dovrà possedere un sistema di qualità, relativamente alle attività di saldatura, conforme a quanto previsto dalla norma UNI EN 3834-1:2006 e, in particolare, dovrà avvalersi di saldatori certificati secondo la norma UNI EN 287-1:2007 per posizione sopratesta.

Il costruttore dovrà essere in grado di realizzare in opera tutte le saldature necessarie al collegamento delle campate, fornendo lo stesso standard qualitativo delle saldature realizzate in officina, e munendosi dei mezzi e degli apprestamenti necessari allo svolgimento di tale attività.

Il costruttore dovrà definire una procedura di saldatura per ogni tipo di giunto; le modalità di elaborazione delle procedure saranno conformi alle indicazioni della Norma UNI EN ISO 15607:2005.

In fase di progettazione costruttiva dovrà essere seguito il principio di agevolare l'assiemeaggio realizzando una soddisfacente accessibilità da parte del saldatore.

La preparazione dei giunti da saldare dovrà essere definita a cura e sotto la responsabilità del costruttore in conformità con le normative vigenti precedentemente citate e comparire su una tavola delle preparazioni controllata dalla D.L. e affissa in officina; l'esecuzione dei giunti a T con preparazione dovrà garantire l'ottenimento di saldature a completa penetrazione.

Prima della esecuzione dei giunti a T che interessano i collegamenti il materiale delle piastre sarà controllato con ultrasuoni per accertare l'assenza di sfogliature o segregazioni eccessive.

I cordoni d'angolo che uniscono due laminati di diverso spessore dovranno avere in genere una sezione di gola di ampiezza pari al 70% dello spessore inferiore pertanto per giunti ortogonali il lato del cordone sarà pari al minore spessore da saldare.

La saldatura a tratti non è ammessa.

Controllo delle giunzioni saldate

L'appaltatore dovrà provvedere ai seguenti controlli:

- Controllo della impostazione del lavoro di saldatura e della preparazione dei lembi;
- Controllo visivo delle saldature al 100%;
- Controllo magnetoscopico dei cordoni d'angolo al 20% nei primi 3 elementi costruttivi e 5% in tutti i successivi;

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	39 di 105

- Controllo sonoro dei giunti a T a completa penetrazione al 80% nei primi 3 elementi e al 15% nei successivi.
 Il personale che eseguirà il controllo dovrà avere qualifica di operatore certificato di livello 2 secondo UNI EN 473:2008 per il metodo d'esame applicato.
 In caso di controlli insoddisfacenti è facoltà della DL estendere le percentuali di controllo e disporre eventuali riparazioni.
 E' facoltà in ogni caso della DL ordinare in qualsiasi momento controlli integrativi in officina o in cantiere affidandone l'esecuzione a personale anche diverso da quello incaricato dal costruttore.

Giunzioni bullonate

Si impiegheranno i bulloni di diametro e classe indicati in progetto associati ai rispettivi dadi (prospetto 2-III istruzioni CNR 10011 e UNI EN ISO 4016:2002); la coppia di serraggio sarà quella indicata nel prospetto 4-IV delle citate Istruzioni.

I bulloni dei fori asolati saranno serrati solo a contatto delle piastre e quindi provvisti di dado e controdado per impedirne lo svitamento.

I fori dei bulloni devono, di regola, essere eseguiti col trapano; sono ammessi fori punzonati se successivamente alesati. È vietato l'uso della fiamma per l'esecuzione dei fori dei bulloni.

I fori avranno di regola un diametro pari a quello del bullone maggiorato di 1 mm; i disegni costruttivi dovranno contraddistinguere i diametri dei fori.

Le chiavi pneumatiche di serraggio, con limitatore della coppia applicata, dovranno garantire una precisione non minore del 5% della coppia di serraggio.

Al montaggio le superfici dovranno essere pulite e perfettamente complanari e su di essa si eserciterà il controllo del Costruttore e della DL.

Controllo delle giunzioni bullonate

Saranno tutte sottoposte a controllo visivo:

- prima della esecuzione per verificare planarità, pulizia, coassialità e regolarità;
- dopo l'esecuzione per controllare la qualità dei bulloni.

Il controllo del serraggio avverrà nel modo seguente:

- contromarcando dado e vite,
- allentando il dado con una rotazione non inferiore al 60%,
- serrando il dado con la coppia prescritta e controllando il ritorno alla posizione originaria

L'estensione del controllo del serraggio non potrà comunque essere inferiore al 5%.

4.5.5 Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere minimi sono quelli previsti dal par 11.3.4.11.3 delle Norme tecniche e prevedono tra l'altro opportuni prelievi per le prove di laboratorio, secondo i termini previsti dalla legge. I controlli sono a cura e carico dell'Appaltatore. L'appaltatore è tenuto alla predisposizione e conservazione dei campioni, nonché all'inoltro presso i laboratori di prova, previa verifica e approvazione da parte della DL, che potrà disporre a propria discrezione ulteriori prove rispetto a quelle minime di legge, che dovranno essere svolte a cura e carico dell'Appaltatore.

4.5.6 Trattamenti superficiali

Protezione antiruggine

All'interno di tutti i profilati tubolari costituenti la struttura portante del ponte è prevista la stesa mediante sonda a spruzzo ad alta pressione (iniezione sino a saturazione e completa eliminazione dell'ossigeno residuo) di un trattamento protettivo antiruggine a lungo termine, idrorepellente, a file grasso – oleoso disciolto in solvente (con elevato punto di infiammabilità), adatto per strutture metalliche ed efficace in atmosfera acida od aggressiva. Le caratteristiche minime che il trattamento dovrà garantire sono le seguenti:

- massa volumica a 15° C: 0,82 kg/dm³;
- sostanze solide: 31 % in peso;
- punto di infiammabilità solvente: 52 °C;
- tempo medio di evaporazione solvente: 240 min;
- potere coprente: 38 mg/l.

Per l'applicazione a spruzzo all'interno dei profilati dovranno essere praticati appositi fori per l'inserimento della sonda su ciascun elemento di profilato, i quali, una volta ultimata l'iniezione, dovranno essere sigillati con appositi sistemi di chiusura a perfetta tenuta, non manomissibili. Nel prezzo sono comprese la fornitura e posa in opera del trattamento

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 40 di 105

antiruggine, la realizzazione dei fori di inserimento della sonda all'interno dei profilati e la successiva sigillatura con elementi di chiusura dei fori. Le caratteristiche del trattamento antiruggine utilizzato andranno accertate mediante trasmissione, almeno **15 giorni** prima della posa in opera, alla D.L. delle relative schede tecniche e della documentazione di accompagnamento per l'accettazione del materiale. A seguito dell'applicazione a spruzzo del trattamento antiruggine l'impresa appaltatrice avrà inoltre l'obbligo di trasmettere alla D.L. copia della documentazione attestante il quantitativo di trattamento effettivamente iniettato; solo ad avvenuto ricevimento di tale documentazione si potrà procedere alla contabilizzazione della lavorazione.

Sabbiatura

Il progetto prevede la sabbiatura manuale a metallo bianco doppia incrociata SA2 di tutte le carpenterie metalliche costituenti gli elementi strutturali del ponte; tale lavorazione dovrà essere eseguita in stabilimento. Successivamente all'esecuzione delle saldature in stabilimento sarà realizzata nuova sabbiatura delle zone oggetto di saldatura.

Zincatura

A seguito della sabbiatura e delle operazioni di saldatura in stabilimento è prevista l'esecuzione della zincatura a spruzzo mediante deposizione in atmosfera di un rivestimento a spessore di zinco puro allo stato plastico (zinco anodico al ferro ed alle sue leghe considerando la scala elettrochimica in acqua di mare) in due passate incrociate perpendicolari ciascuna dello spessore minimo di 35 µ; il trattamento riguarda tutte le carpenterie metalliche costituenti gli elementi strutturali del ponte e va eseguito in stabilimento. Nelle parti oggetto di saldatura in stabilimento dovrà essere eseguita una pre-zincatura lungo i cordoni, prima della zincatura generale. Nell'eseguire la zincatura in stabilimento dovranno essere tralasciate le porzioni nell'intorno di tutti i collegamenti per saldatura dei vari elementi strutturali che avverranno in opera. In tali zone la zincatura ed i successivi trattamenti di verniciatura dovranno essere ripresi ed eseguiti solo a seguito dell'esecuzione delle saldature in cantiere.

Verniciatura

Su tutte le carpenterie metalliche costituenti gli elementi strutturali del ponte dovranno essere applicate a spruzzo in stabilimento:

- una mano di fondo epossipoliamidico protettivo (intermedio su zincante inorganico) dotato di buona resistenza chimico-meccanica;
- due mani di smalto bicomponente per esterni a rapida essiccazione, a base di resine poliuretaniche ed acriliche, con contenuto di isocianati monomeri liberi controllato a minor impatto ambientale, opportunamente diluito al fine di saturare le capillarità dello strato di zinco, dotato di ottime caratteristiche di resistenza agli agenti chimici ed atmosferici, ai detersivi, ai carburanti ed ai lubrificanti (RAL a scelta della D.L.). Una volta ultimati l'assemblaggio ed il varo del ponte sarà obbligo dell'impresa appaltatrice provvedere all'esecuzione dei ritocchi e delle riverniciature della parti non eseguite a regola d'arte od ammalorate a seguito del loro montaggio. Con riferimento alla "Scala Europea dei Gradi di arrugginimento per pitture antiruggine" edita dal "Comitato Europeo delle Associazioni dei fabbricanti di pittura e inchiostri" deve essere garantito che le superfici rivestite mantengano un grado di arrugginimento pari allo standard Re 0 (assenza totale di ruggine) per **3 anni** dall'ultimazione dei lavori ed allo standard Re 1 (0,05% di superficie arrugginita) per ulteriori 5 anni. Entro tali periodi, le superfici che presentassero riconosciuti difetti eccedenti tali limiti, dovuti alla qualità dei materiali od alla loro applicazione, saranno riverniciate a cura e spese dell'Appaltatore. Il possesso delle caratteristiche sopra elencate da parte dei prodotti utilizzati dovrà essere accertato mediante trasmissione, almeno 15 giorni prima della posa in opera, alla D.L. delle relative schede tecniche, della documentazione di accompagnamento per l'accettazione del materiale e di un campione di prova. Le voci di prezzo relative a tali prodotti comprendono e compensano ogni onere per dare il lavoro finito a regola d'arte ed includono l'esecuzione di una serie di campionature con tutte le varianti di tinta richieste dalla D.L. di un pezzo tipo per ciascuna tipologia di elemento strutturale da sottoporre a verniciatura.

4.5.7 Prova di pre-collaud

Prima del varo delle campate è obbligo dell'impresa appaltatrice provvedere all'esecuzione di un pre-collaud statico delle stesse sottoponendole ad un carico statico pari al carico accidentale di progetto. Le modalità e tempistiche di esecuzione della prova andranno preventivamente illustrate e discusse con la D.L. per la relativa approvazione.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 41 di 105

4.5.8 Prova di collaudo

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico verrà eseguita da parte della Direzione Lavori un'accurata visita preliminare di tutte le membrature per constatare che le strutture siano state eseguite in conformità ai relativi disegni di progetto, alle buone regole d'arte e a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico e al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nella Normativa tecnica per le costruzioni vigente.

4.5.9 Specifiche relative agli ancoraggi

Gli ancoraggi delle strutture metalliche alla strutture di supporto, quando non si utilizzino le predisposizioni progettate sono realizzati sempre e tassativamente con materiale tipo Hilti di idonee caratteristiche, specifico per il tipo di supporto e comunque previa approvazione della D.L.. Gli ancoraggi devono essere effettuati mediante l'impiego di resina chimica, è in generale proibito l'impiego di ancoraggi di tipo meccanico ad espansione.

4.5.10 Tiranti per stralli

L'impalcato è sostenuto da un sistema di tiranti. Ciascun tirante è composto da due aste tubolari. La prima asta è collegata ad un'estremità all'impalcato, nel nodo di giunzione tra campata centrale e laterale, all'altra estremità ad una piastra montata sulla sommità dell'arco lapideo. La seconda asta è collegata alla piastra di sommità all'altra estremità al plinto di ancoraggio.

I tiranti sono realizzati con aste piene in acciaio S460 con sistema tipo Halfen DETAN - S460 Ø52, zincati a caldo. Tutti gli elementi costitutivi del sistema devono provenire dal medesimo produttore ed il sistema nel suo complesso deve essere dotato di dichiarazione di conformità CE. Ogni tirante deve essere collegato alle estremità mediante un elemento a forcina che garantisca il comportamento del nodo a cerniera perfetta. Ogni tirante deve essere dotato di tenditore compatibile con il sistema stesso. Il sistema dovrà possedere tutti gli elementi in grado di permettere il collegamento ai nodi mantenendo il comportamento "a cerniera spaziale" ovvero garantire gli spostamenti e le rotazioni previste nel progetto esecutivo, senza indurre coazioni nel sistema stesso diverse dallo sforzo normale di trazione e senza trasferire agli elementi di supporto azioni diverse dalla trazione.

Il sistema, tramite i tenditori ed altri elementi di regolazione interna dovrà permettere la tesatura degli stralli, durante e dopo le fasi di montaggio del ponte, secondo le specifiche progettuali. In particolare dovrà essere garantita la possibilità di regolare gli stralli in modo da azzerare gli abbassamenti dell'impalcato dovuti al peso proprio e permanente portato, che si manifesteranno a seguito del montaggio dell'impalcato stesso. Il sistema dovrà inoltre possedere sufficiente capacità di regolazione per mantenere il piatto sommitale di raccordo dei due tiranti sempre in posizione centrata rispetto all'appoggio scorrevole sottostante, su cui il piatto è montato.

Il sistema dovrà essere dotato di dispositivi che permettano il costante controllo dello stato tensionale dei tiranti sia durante che dopo le fasi di montaggio.

Il progetto costruttivo del sistema dei tiranti dovrà essere fornito dall'Impresa a firma di un tecnico abilitato e sottoposto all'Approvazione della D.L.

4.5.11 Parapetti

Il parapetto del ponte è realizzato con elementi ripetitivi costituiti da tondini lisci piegati in acciaio S 275 JR di diametro 14 mm, realizzati con profilo di forma a forcina e collegati in sommità dall'elemento corrimano. Il parapetto sarà zincato e verniciato di colore a scelta della D.L. con le stesse garanzie in termini di protezione dalla corrosione e durabilità previsti per i profili principali dell'impalcato. Gli elementi verticali costitutivi del parapetto saranno collegati alla base da un elemento di raccordo, a sua volta collegato con saldatura eseguita in officina all'impalcato principale.

4.5.12 Apparecchi di appoggio

Gli appoggi dell'impalcato e degli stralli sugli archi lapidei, avverranno attraverso la frapposizione di apparecchi di appoggio tipo FIP VASOFLON MULTIDIREZIONALE mod. VM 50/100/50 per gli appoggi sulla sommità degli archi e tipo FIP VASOFLON MULTIDIREZIONALE mod. VM 100/200/100, ovvero dispositivi a disco elastomerico confinato, costituiti da una piastra di acciaio contenente il disco in elastomero e da un pistone di acciaio di pressurizzazione a formare una cerniera che consente la rotazione intorno a qualsiasi asse orizzontale. Tali apparecchi di appoggio saranno conformi, alla relativa norma europea armonizzata della serie EN1337 con marcatura CE. Tali apparecchi dovranno essere in grado di garantire gli spostamenti e le rotazioni relative dell'impalcato rispetto alle strutture lapidee. Scopo della posa in

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	42 di 105

opera di tali apparecchi è quello di permettere la trasmissione dall'impalcato agli archi delle sole azioni verticali, in qualsiasi condizione di carico e tipologia di sollecitazione previste dalla Normativa tecnica vigente NTC 2008 e dettagliata nella Relazione di Calcolo del Progetto Strutturale. Gli apparecchi di appoggio dovranno quindi garantire gli spostamenti relativi nel piano orizzontale e le rotazioni relative, dell'impalcato rispetto ai manufatti lapidei, nei valori indicati nella Relazione di Calcolo. Gli apparecchi dovranno viceversa essere in grado di trasferire alle strutture esistenti le azioni verticali di compressione, nei valori indicati nella Relazione di Calcolo. Gli apparecchi di appoggio sono alloggiati nei manufatti lapidei secondo le indicazioni tipologiche riportate nei disegni del progetto strutturale. Sarà cura e onere dell'Impresa realizzare gli alloggiamenti secondo le esigenze strutturali ed estetiche in considerazione del carattere storico dei manufatti e secondo i vincoli imposti dalla Stazione Appaltante e dalla Direzione Lavori. Gli appoggi degli apparecchi dovranno possedere idoneo sistema di ancoraggio alle strutture esistenti attraverso la posa in opera di piastre in acciaio, zanche, tiranti, tasselli chimici o meccanici, resine ecc.. e in generale quanto necessario in relazione alle condizioni del supporto esistente. Qualora a seguito dell'inizio dei lavori e durante la fase di preparazione degli appoggi dovessero rendersi necessarie ulteriori indagini conoscitive rispetto a quelle già eseguite ed allegate al Progetto Esecutivo, sarà cura e onere dell'Impresa svolgere tali analisi in contraddittorio con la D.L. al fine di raggiungere il grado di conoscenza idoneo alla realizzazione degli appoggi stessi. Qualora si rendessero necessari ripristini, consolidamenti strutturali, ecc. al fine di garantire la stabilità dell'appoggio, sarà cura ed onere provvedere all'esecuzione di tali opere in contraddittorio con la D.L.

5 PAVIMENTAZIONI E RIVESTIMENTI DEL PONTE

5.1 PAVIMENTAZIONI IN GRIGLIATO

La pavimentazione delle campate laterali del ponte sarà realizzata in grigliato in acciaio zincato tipo BARROTTO ANTIQUUM, costituito da pannelli bordati a misura a maglia mm: 25 (vuoto da 13 mm - pieno da 12 mm) x 100; barra portante in profilo U 25x12x25x1,5 mm bugnato antiscivolo; barra trasversale in tondo Ø 4 mm; cornice di bordatura in piatto 25x2 mm; peso kg/m²: 34,9; materiale: acciaio S235JR UNI EN 10025; finitura con zincatura a caldo UNI EN ISO 1461 e verniciatura con polveri poliestere di colore a scelta della D.L. Sono compresi gli ancoraggi alla sottostruttura in acciaio zincato con sistemi idonei, anche in relazione alle particolari condizioni di utilizzo e requisiti di durabilità.

5.2 PAVIMENTAZIONI IN LEGNO

La pavimentazione della campata centrale del ponte sarà realizzata con tavole di Legno Ipé di sezione 140x25 mm, fissate alla sottostante struttura tubolare di acciaio con viti autofilettanti inox legno-acciaio tipo Torx come da particolari costruttivi. Le doghe saranno disposte trasversalmente e avranno lunghezza pari a 260 cm circa, in ogni caso le doghe dovranno coprire l'intera larghezza dell'impalcato senza giunti intermedi.

Le tavole impiegate dovranno avere tutti gli spigoli arrotondati e superficie calpestabile con finitura anti-sdrucciolo, prima della posa dovranno essere sottoposte a trattamento impregnante protettivo a base di olii naturali. Le tavole impiegate dovranno essere di prima scelta, rispondenti alle normative specifiche e ai requisiti tecnici di seguito riportati:

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 43 di 105

Provenienza ed areale di crescita	Brasile, Paraguay, Bolivia
Denominazione	Ipè
Nome botanico	Tabebuia Serratifolia
Tessitura	Fine
Fibratura	Varia, spesso intrecciata
Massa Volumica	Varia da 950 Kg/mc a 1180 Kg/mc
Ritiro	Da basso a medio
Stabilità dimensionale	Buona
Durezza	Elevata
Durabilità rispetto a funghi e muffe (UNI CEN/TS 15083-1/2005)	Classe 1: molto durabile
Carico di rottura a compressione assiale	95 Mpa +/- 10
Carico di rottura a flessione statica	166 Mpa +/- 28
Modulo di elasticità a flessione	22760 Mpa +/- 2244
Resistenza all'urto	Ottima

Caratteristiche tecniche Ipè (Fonte CIRAD)

5.3 CARENATURA INTRADOSSALE DEL PONTE

La campata centrale del ponte sarà interamente rivestita, all'intradosso, da una scocca in legno Teak disposto a doghe di sezione 80x20 mm di lunghezza 3 metri, seguendo la disposizione indicata nei disegni del progetto esecutivo. Le doghe saranno fissate con viti autofilettanti inox legno-acciaio tipo Torx ad idonei profili reggi-scocca costituiti da profilati a "T" 60x60x4 mm, in acciaio zincato, posti all'interasse di 100 cm cadauno.

Le tavole impiegate dovranno avere tutti gli spigoli arrotondati, prima della posa dovranno essere sottoposte a trattamento impregnante protettivo a base di olii naturali. Le tavole impiegate dovranno essere di prima scelta, rispondenti alle normative specifiche e ai requisiti tecnici di seguito riportati:

Denominazione	Teak
Nome botanico	Tectona grandis
Venatura	Visibile
Tessitura	Uniformemente fine
Aspetto	Oleoso
Resistenza alle alterazioni	Elevata
Peso volumico	ca. 650 Kg/mc (medio a umidità del 12%)
Resistenza all'urto	Scarsa
Resistenza media alla compressione assiale	56 Mpa +/- 6
Resistenza media alla flessione	98 Mpa +/- 13
Modulo medio di elasticità	13740 Mpa +/- 2749
Flessibilità	Bassa

Caratteristiche tecniche Teak (Fonte CIRAD)

6 MURI

Con tale denominazione si indicheranno le seguenti possibili tipologie:

muri di pietrame a secco;
 muri di pietrame e malta;
 muri in pietra da taglio;
 muri in gabbioni
 muri in calcestruzzo

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	44 di 105

6.1 MURI IN PIETRAMA A SECCO

La muratura di pietrame a secco dovrà essere eseguita con pietre ridotte col martello alla forma più che sia possibile regolare, restando assolutamente escluse quelle di forma rotonda. Le pietre saranno collocate in opera in modo che contrastino e si concatenino fra loro il più possibile scegliendo per i paramenti quelle di dimensioni non inferiori a cm 20 di lato, e le più adatte per il migliore combaciamento.

Si eviterà sempre la ricorrenza delle connessioni verticali. Nell'interno della muratura si farà uso delle scaglie soltanto per appianare i corsi e riempire interstizi fra pietra e pietra.

Per i cantonali si useranno le pietre di maggiori dimensioni e meglio rispondenti allo scopo. La rientranza delle pietre del paramento non dovrà mai essere inferiore all'altezza del corso. Inoltre si disporranno frequentemente pietre di lunghezza tale da penetrare nello spessore della muratura.

A richiesta della Direzione dei Lavori l'impresa dovrà lasciare opportune feritoie regolari e regolarmente disposte, anche in più ordini, per lo scolo delle acque.

La muratura in pietrame a secco per muri di sostegno, in controripa, o comunque isolati, sarà sempre coronata con una copertina di muratura di malta o di calcestruzzo, delle dimensioni che, di volta in volta, verranno fissate dalla Direzione dei Lavori.

6.2 MURI DI PIETRAMA E MALTA

La muratura di pietrame con malta cementizia dovrà essere eseguita con elementi di pietrame delle maggiori dimensioni possibili e, ad ogni modo, non inferiore a cm 25 in senso orizzontale, cm 20 in senso verticale e cm 30 di profondità.

Per i muri di spessore di cm 40 si potranno avere alternanze di pietre minori.

Le pietre, prima del collocamento in opera, dovranno essere diligentemente pulite e ove occorra, a giudizio della Direzione dei Lavori, lavate.

Nella costruzione della muratura, le pietre dovranno essere battute col martello e rinzeppate diligentemente con scaglie e con abbondante malta, così che ogni pietra resti avvolta dalla malta stessa e non rimanga alcun vano od interstizio. In assenza di specifiche indicazioni progettuali la malta verrà dosata con kg 350 di cemento per ogni m³ di sabbia.

Per le facce viste delle murature di pietrame, secondo gli ordini della Direzione dei Lavori, potrà essere prescritta l'esecuzione delle seguenti speciali lavorazioni:

- con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta);
- a mosaico grezzo;
- con pietra squadrata a corsi pressoché regolari;
- con pietra squadrata a corsi regolari.

Nel paramento con pietra rasa e testa scoperta (ad opera incerta), il pietrame dovrà essere scelto diligentemente e la sua faccia vista dovrà essere ridotta col martello a superficie approssimativamente piana. Le facce di posa e combaciamento delle pietre dovranno essere spianate e adattate col martello, in modo che il contatto dei pezzi avvenga in tutti i giunti per una rientranza non minore di cm 10.

Nel paramento a mosaico grezzo le facce viste dei singoli pezzi dovranno essere ridotte, col martello a punta grossa, a superficie piana poligonale; i singoli pezzi dovranno combaciare fra loro regolarmente, restando vietato l'uso delle scaglie.

In tutto il resto si seguiranno le norme indicate per il paramento a pietra rasa.

Nel paramento a corsi pressoché regolari, il pietrame dovrà essere ridotto a conci piani e squadrate, sia col martello che con la grossa punta, con le facce di posa parallele fra loro e quelle di combaciamento normali a quelle di posa. I conci saranno posti in opera a corsi orizzontali di altezza che può variare da corso a corso, e potrà non essere costante per l'intero filare. Nelle superfici esterne dei muri saranno tollerate alla prova del regolo rientranze o sporgenze non maggiori di 15 millimetri.

Nel paramento a corsi regolari, i conci dovranno essere resi perfettamente piani e squadrate, con la faccia vista rettangolare, lavorata a grana ordinaria; essi dovranno avere la stessa altezza per tutta la lunghezza del medesimo corso e, qualora i vari corsi non avessero eguale altezza, questa dovrà essere disposta in ordine decrescente dai corsi inferiori ai corsi superiori, con differenza però fra due corsi successivi non maggiori di cm 5.

La Direzione dei Lavori potrà anche prescrivere l'altezza dei singoli corsi, ed ove nella stessa superficie di paramento venissero impiegati conci di pietra da taglio, per rivestimento di alcune parti, i filari del paramento a corsi regolari dovranno essere in perfetta corrispondenza con quelli della pietra da taglio.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 45 di 105

Tanto nel paramento a corsi pressoché regolari, quanto in quello a corsi regolari, non sarà tollerato l'impiego di scaglie nella faccia esterna; il combaciamento dei corsi dovrà avvenire per almeno due terzi della loro rientranza nelle facce di posa, e non potrà essere mai minore di cm 15 nei giunti verticali.

La rientranza dei singoli pezzi non sarà mai minore della loro altezza, né inferiore a cm 30; l'altezza minima dei corsi non dovrà essere mai minore di cm 20.

In entrambi i paramenti a corsi, lo spostamento di due giunti verticali consecutivi non dovrà essere minore di cm 10 e le connessure avranno larghezza non maggiore di un centimetro.

Per le murature con malta, quando questa avrà fatto convenientemente presa, le connessure delle facce di paramento dovranno essere accuratamente stuccate.

In tutte le specie di paramenti la stuccatura dovrà essere fatta raschiando preventivamente le connessure fino a conveniente profondità per purgarle dalla malta, dalla polvere e da qualche altra materia estranea, lavandole a grande acqua e riempiendo quindi le connessure stesse con nuova malta della qualità prescritta, curando che questa penetri bene dentro, comprimendola e lisciandola con apposito ferro, in modo che il contorno dei conci sui fronti del paramento, a lavoro finito, si disegni nettamente e senza sbavature.

Il nucleo della muratura dovrà essere costruito sempre contemporaneamente ai rivestimenti esterni.

Riguardo al magistero ed alla lavorazione della faccia vista in generale, ferme restando le prescrizioni suindicate, viene stabilito che l'Appaltatore è obbligato a preparare, a proprie cure e spese, i campioni delle diverse lavorazioni per sottoporli all'approvazione del Direttore dei Lavori, al quale spetta esclusivamente giudicare se esse corrispondano alle prescrizioni del presente articolo. Senza tale approvazione l'Appaltatore non può dar mano alla esecuzione dei paramenti delle murature di pietrame.

6.3 MURI IN PIETRA DA TAGLIO

La pietra da taglio nelle costruzioni delle diverse opere dovrà presentare la forma e le dimensioni di progetto, ed essere lavorata norma delle prescrizioni che verranno impartite dalla Direzione dei Lavori all'atto dell'esecuzione, nei seguenti modi:

- a grana grossa;
- a grana ordinaria;
- a grana mezzo fina;
- a grana fina.

Per pietra da taglio a grana grossa si intenderà quella lavorata semplicemente con la grossa punta senza far uso della martellina per lavorare le facce viste, né dello scalpello per ricavarne gli spigoli netti.

Verrà considerata come pietra da taglio a grana ordinaria quella le cui facce viste saranno lavorate con la martellina a denti larghi.

La pietra da taglio si intenderà infine lavorata a grana mezzo fina e a grana fina, secondo che le facce predette saranno lavorate con la martellina a denti mezzani o a denti finissimi.

In tutte le lavorazioni, esclusa quella a grana grossa, le facce esterne di ciascun concio della pietra da taglio dovranno avere gli spigoli vivi e ben cesellati, in modo che le connessure fra concio e concio non eccedano la larghezza di mm 5 per la pietra a grana ordinaria e di mm 3 per le altre.

Prima di cominciare i lavori, qualora l'Amministrazione non abbia già provveduto in proposito ed in precedenza dell'appalto, l'Appaltatore dovrà preparare a sue spese i campioni dei vari generi di lavorazione della pietra da taglio e sottoporli per l'approvazione alla Direzione dei Lavori, alla quale esclusivamente spetterà giudicare se essi corrispondano alle prescrizioni.

Qualunque sia il genere di lavorazione delle facce viste, i letti di posa e le facce di combaciamento dovranno essere ridotti a perfetto piano e lavorati a grana fina. Non saranno tollerate né smussature agli spigoli, né cavità nelle facce, né masticature o rattoppi. La pietra da taglio che presentasse difetti verrà rifiutata, e l'Appaltatore sarà in obbligo di farne l'immediata surrogazione, anche se le scheggiature od ammanchi si verificassero, sia al momento della posa in opera, sia dopo e sino al collaudo.

Le forme e dimensioni di ciascun concio in pietra da taglio dovranno essere perfettamente conformi ai disegni dei particolari consegnati all'Appaltatore, od alle Istruzioni che all'atto dell'esecuzione fossero eventualmente date dalla Direzione dei Lavori. Inoltre ogni concio dovrà essere sempre lavorato in modo da potersi collocare in opera secondo gli originali letti di cava.

Per la posa in opera si potrà fare uso di zeppe volanti, da togliere però immediatamente quando la malta rifluisce nel contorno della pietra battuta a mazzuolo sino a prendere la posizione voluta.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 46 di 105

La pietra da taglio dovrà essere messa in opera con malta dosata a kg 400 di cemento normale per metro cubo di sabbia e, ove occorra, i diversi conci dovranno essere collegati con grappe ed arpioni di rame, saldamente suggellati entro apposite incassature praticate nei conci medesimi.

Le connesure delle facce viste dovranno essere profilate con cemento a lenta presa, diligentemente compresso e lisciato mediante apposito ferro.

6.4 MURI IN CALCESTRUZZO

Potranno essere realizzati in calcestruzzo semplice e/o armato

Per ciò che attiene le caratteristiche dei materiali costituenti l'opera si rimanda alla sezione "Calcestruzzi" del presente Capitolato.

6.5 MURI IN GABBIONI

I gabbioni saranno posti in opera su una fondazione in calcestruzzo armato del tipo superficiale a sezione rettangolare continua, come da specifiche di progetto, il piano di posa sarà realizzato ad idonea profondità, previo scotico del terreno e compattazione del piano.

I gabbioni saranno del tipo a scatola ed avranno forma prismatica delle dimensioni indicate nelle tavole di progetto; dovranno essere realizzati con rete metallica a doppia torsione, con maglia esagonale 8x10 cm, tessuta a macchina con trafilato a ferro dei diametro 3 mm, a forte zincatura, come previsto dalla Normativa vigente La rete costituente gli elementi dovrà avere maglie uniformi, essere esente da strappi ed avere il perimetro rinforzato con fili di diametro maggiorato rispetto a quello della rete stessa, inserito nella trama della rete o ad essa agganciato meccanicamente in modo da impedire lo sfilamento e dare sufficiente garanzia di robustezza. Prima dei riempimento si dovrà procedere al montaggio degli elementi mediante cucitura dei singoli spigoli in modo da ottenere le sagome previste. Le cuciture saranno eseguite in modo continuo passando il filo entro ogni maglia e con un giro doppio di due maglie. Il filo da impiegarsi nelle cuciture dovrà avere le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete, con diametro non inferiore a 2,2 mm. Con le stesse modalità si procederà quindi a collegare fra loro i vari elementi in tutte le superfici di contatto, in modo da ottenere la sagoma dell'opera di progetto; le cuciture dovranno essere tali da creare una struttura monolitica e di massima resistenza. Sia i singoli elementi che le gabbionate nel loro insieme, dovranno presentare una perfetta struttura geometrica. Prima e durante il riempimento dovranno essere apposti, all'interno dei singoli gabbioni, un adeguato numero di tiranti atti ad impedire sfiancamenti e deformazioni; i tiranti saranno costituiti da filo di ferro a forte zincatura, ciascuno in un unico pezzo di filo, allacciati alla rete metallica con legature abbraccianti due o tre maglie. A riempimento ultimato, il coperchio deve essere opportunamente teso per farlo aderire ai bordi delle pareti verticali lungo le quali si effettueranno le dovute cuciture, passando sempre il filo entro ogni maglia e con giro doppio ogni due maglie.

Il pietrame disposto internamente per il riempimento dei gabbioni sarà del tipo in *pietra alberese* costituito da ciottoli stondati a pezzatura grossa, di composizione idonea al compattamento. Per il riempimento dei gabbioni dovranno essere usati ciottoli o scapoli di cava non friabili e non gelivi, comunque di qualità approvata dalla D.L.. Sarà escluso il materiale alterabile all'azione degli agenti atmosferici ed all'acqua con cui l'opera potrebbe venire a contatto; in particolare il materiale di riempimento, sia ciottoli che pietrame in scapoli, dovrà avere dimensioni minime superiori al doppio della maglia utilizzata e dovrà essere assestato a mano dentro l'elemento in modo da avere il minor numero possibile di vuoti, senza provocare lo sfiancamento delle pareti. In particolare si avrà cura di collocare il migliore per qualità, regolarità delle forme e dimensioni a ridosso delle pareti dei gabbione, specie per le pareti in vista dove l'assetto dei pietrame dovrà essere tale da costituire un regolare paramento di faccia vista privo di schegge e con connesure disposte a regola d'arte.

6.6 MALTE

Le caratteristiche dei materiali da impiegare per la confezione delle malte ed i rapporti di miscela, corrisponderanno alle prescrizioni delle voci dell'Elenco Prezzi per i vari tipi di impasto ed a quanto verrà, di volta in volta, ordinato dalla Direzione dei Lavori. La resistenza alla penetrazione delle malte deve soddisfare alle Norme UNI 7927-78.

Di norma, le malte per muratura di mattoni saranno dosate con kg 400 di cemento per m³ di sabbia e passate al setaccio ad evitare che i giunti tra mattoni siano troppo ampi; le malte per muratura di pietrame saranno dosate con kg 350 di cemento per m³ di sabbia; quelle per intonaci con kg 400 di cemento per m³ di sabbia e così pure quelle per la stuccatura dei paramenti delle murature.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 47 di 105

Il dosaggio dei materiali e dei leganti verrà effettuato con mezzi meccanici suscettibili di esatta misurazione e controllo che l'Impresa dovrà fornire e mantenere efficienti a sua cura e spese.

Gli impasti verranno preparati solamente nelle quantità necessarie per l'impiego immediato; gli impasti residui che non avessero immediato impiego saranno portati a rifiuto

7 PAVIMENTAZIONI

7.1 FONDAZIONI

7.1.1 Formazione di strati in misto granulare

Le tipologie di strati di fondazione utilizzati nel progetto si distinguono per tipologia di materiali ammessi (naturali di cava – riciclati) e per fuso granulometrico scelto in modo differenziato per confezionare livelli di materiali arido “aperti” con funzione anticapillare o “chiusi” per livelli stabilizzati.

Vengono così definite le seguenti tipologie:

- Fondazione stradale con funzione ANTICAPILLARE con pietrisco calcareo di cava o materiale riciclato di pezzatura 4/7 cm
- Fondazione stradale con materiale naturale arido di cava stabilizzato
- Fondazione stradale con materiale naturale arido di cava

7.1.2 Caratteristiche dei materiali naturali di cava

Inerti per miscela costituente strato di fondazione in materiale stabilizzato

Dovrà essere utilizzata una miscela di aggregati lapidei di primo impiego eventualmente corretta mediante l'aggiunta o la sottrazione di determinate frazioni granulometriche per migliorarne le proprietà fisico meccaniche.

Saranno impiegati elementi lapidei definiti in due categorie:

- aggregato grosso
- aggregato fino

L'aggregato grosso può essere costituito da elementi ottenuti dalla frantumazione di rocce di cava massive o di origine alluvionale, da elementi naturali a spigoli vivi o arrotondati. Tali elementi possono essere di provenienza o natura petrografica diversa purché, per ogni tipologia, risultino soddisfatti i requisiti indicati nella Tabella 25.1.1°

Tabella 25.1.1a - AGGREGATO GROSSO
STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI

Indicatori di qualità			Strato di fondazione stradale
Parametro	Normativa	Unita di misura	
Los Angeles	CNR 34/73	%	≥ 40
Micro Deval Umida	CNR 109/85	%	-
Quantità di frantumato	-	%	-
Dimensione max	CNR 23/71	mm	63
Sensibilità al gelo	CNR 80/80	%	+ - 30

L'aggregato fino deve essere costituito da elementi naturali o di frantumazione che possiedano le caratteristiche riassunte nella Tabella 25.1.1b

Tabella 25.1.1b - AGGREGATO FINO
STRADE URBANE DI QUARTIERE E LOCALI

Passante al crivello UNI n.5	
Indicatori di qualità	Strato di fondazione

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 48 di 105

Parametro	Normativa	Unita di misura	stradale
Equivalente in Sabbia	27/72	%	≥40
Indice Plasticità	CNR 10014	%	+ - 6
Limite Liquido	CNR 10014	%	+ - 35
Passante allo 0.075	CNR 23/71	mm	+ - 6

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione degli aggregati tramite certificazione attestante i requisiti prescritti. Tale certificazione deve essere rilasciata da un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti.

La miscela di aggregati da adottarsi per la realizzazione del misto granulare stabilizzato deve avere una composizione granulometrica contenuta nei fusi riportati in Tabella 25.1.1.c

Tabella 25.1.1.c

Serie crivelli e setacci UNI		Passante (%)
Crivello	70	100
Crivello	30	70-100
Crivello	15	-
Crivello	10	30-70
Crivello	5	23-55
Setaccio	2	15-40
Setaccio	0,4	8-25
Setaccio	0,075	2-15

Inerti per miscela costituente strato di fondazione con funzione anticapillare

In questo caso lo strato da realizzare dovrà avere un'elevata porosità e capacità drenante, assumendo una valenza di strato anticapillare posto al passaggio tra il terreno naturale trattato a calce sottostante e lo strato di fondazione in materiale stabilizzato sovrastante.

La granulometria sarà quella di un materiale selezionato contenente le frazioni granulometriche di pezzatura ricadente all'interno delle classi 4/7 cm, con le seguenti limitazioni:

Tabella 23.1.2.a - Materiali per strato-anticapillare

Parametro	Modalità di prova	Limiti
Granulometria costituente		4/7 cm
Passante setaccio 2 mm	CNR B.U. 23/1971 UNI EN 933-1	<15%
Passante setaccio 0,075 mm	CNR UNI 10014	<3%
Indice di plasticità		N.P.

Confezionamento del misto granulare

L'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, le aree ed i metodi di stoccaggio (con i provvedimenti che intende adottare per la protezione dei materiali dalle acque di ruscellamento e da possibili inquinamenti), il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che verrà impiegata.

Posa in opera del misto granulare

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di portanza prescritti ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale va steso in strati di spessore finito non superiore a 15 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipamento, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	49 di 105

componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, e da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. La stesa va effettuata con finitrice o con grader appositamente equipaggiato.

Tutte le operazioni anzidette sono sospese quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato.

Quando lo strato finito risulti compromesso a causa di un eccesso di umidità o per effetto di danni dovuti al gelo, esso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa.

Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura verranno impiegati rulli vibranti, rulli gommati o combinati, tutti semoventi.

Per ogni cantiere, l'idoneità dei mezzi d'opera e le modalità di costipamento devono essere determinate in contraddittorio con la Direzione Lavori, prima dell'esecuzione dei lavori, mediante una prova sperimentale di campo, usando le miscele messe a punto per quel cantiere.

Il costipamento di ciascuno strato dei livelli confezionati con materiali "stabilizzati" deve essere eseguito sino ad ottenere una densità in sito non inferiore al 95% della densità massima fornita dalla prova AASHO modificata.

7.2 PAVIMENTAZIONI IN CONGLOMERANTE ECOLOGICO CERTIFICATO e BREVETTATO, TIPO: BIO STRASSE.

Realizzazione di pavimentazioni stradali ecologiche mediante l'utilizzo di prodotti inorganici, privi di etichettatura di pericolosità, di rischio e totalmente privo di materie plastiche in qualsiasi forma, a tutela dell'ecosistema ambientale.

La pavimentazione, data in opera su idoneo piano di posa precedentemente preparato ($M_d \geq 1000 \text{ N/cm}^2$) opportunamente inumidito, sarà costituita da una miscela di inerti, cemento e acqua, il tutto nelle seguenti proporzioni per m^3 di prodotto:

- Sabbia di natura silicea, basaltica o granitica 0/4 o 0/6 in quantità pari al 30-50 % sulla miscela;
- Graniglia di natura calcarea, silicea basaltica o granitica 4/8 o 6/8 in quantità pari al 30-50 % sulla miscela;
- Graniglia di natura calcarea, silicea basaltica o granitica 8/12 in quantità pari al 10-30 % sulla miscela;
- Cemento grigio tipo "Portland" III/A 32.5 N (42,5 N in inverno) nella quantità di kg 190 - 200;
- Acqua in quantità tale da raggiungere l'umidità ottimale anche in relazione alle condizioni ambientali di esecuzione (25-140 L.), cui saranno aggiunti: (salvo diversa indicazione da parte degli incaricati dall'azienda):
- Additivo tipo BIO STRASSE™ Polvere (Comp. A), Compattante (Comp. B), Coadiuvante (Comp. C), nella quantità di 10-37 kg. (*) da diluire in acqua;
- Eventuali pigmenti (se richiesto) nella quantità e del colore stabilito in fase di progettazione (orientativamente 3-5 Kg./ m^3).

N.B. gli inerti utilizzati devono rispettare i dettami stabiliti dalle norme di accettazione dei materiali per le costruzioni stradali.

Non saranno comunque accettati inerti con dimensioni > di 12 mm.

(*) Le quantità, oltre a poter essere diverse nei due differenti "strati", possono dipendere da vari fattori quali, ad esempio, condizioni climatiche, carichi e relativa frequenza previsti, pendenze, ecc.

La procedura va corretta a seconda delle decisioni della direzione lavori per dare l'opera finita .

- I. Caricare il corretto quantitativo d'acqua (in Autobetoniera o in apposito serbatoio)
- II. Miscelare i componenti (A) (B) e (C) per 1-2 minuti.
- III. Aggiungere il composto appena ottenuto all'acqua sino ad ottenere la perfetta omogeneizzazione.
- IV. Aggiungere gli eventuali pigmenti
- V. Aggiungere il corretto quantitativo di cemento.
- VI. Aggiungere gli inerti.
- VII. Miscelare sino ad ottenere un impasto perfettamente omogeneo (10 minuti).

Nota bene: Nel caso in cui si utilizzi l'autobetoniera, il carico massimo non dovrà superare il 70% della capacità massima CIRCA 6 MC.

La pavimentazione, così realizzata, dovrà avere le seguenti caratteristiche e rispettare quanto di seguito indicato:

- Certificata realmente ecologica e funzionale.
- Totale assenza di simboli di pericolosità, frasi di rischio e frasi di sicurezza.
- Assenza d'idrocarburi, materie plastiche e/o resine sintetiche.
- Non deve avere esalazioni pericolose per l'ambiente, né prima né durante né dopo la posa.
- Non deve contenere più di 190 Kg. di cemento per m^3 di inerte.
- Sicura per l'operatore e per i fruitori finali.

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.: 50 di 105
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	

- Realmente drenante senza alterazione delle caratteristiche chimiche e fisiche dell'acqua.
- Atermico – Taglia fiamme.
- Lavorazione e posa "a freddo".
- Possibilità di utilizzo in zone con limitazioni ambientali (SIC, ZPS, ZSC).
- Colorazione SEC. LA DIR. LAVORI
- Colorazione omogenea lungo tutta la sezione. (Ove richiesta colorazione)
- Qualificante per l'ottenimento/mantenimento della certificazione UNI EN ISO 14001.
- Senza formazione di avvallamenti e/o rigonfiamenti.
- Possibilità di utilizzare inerti della zona , in armonia con l'ambiente circostante.
- Possibilità di essere spazzolato (dopo opportuna maturazione) per evidenziare gli inerti utilizzati.
- Possibilità di ripristino del colore anche a distanza di tempo.
- Possibile manutenzione quasi "invisibile" in caso di ripristini particolari (ad esempio tubature).
- Possibilità di essere riciclato.
- Non deve essere un "rifiuto speciale".
- Senza necessità di operai specializzati per la manutenzione.
- Buona resistenza a condizioni ambientali estreme.

7.3 PAVIMENTO IN CALCESTRUZZO ARCHITETTONICO

Pavimentazione architettonica colorata, effetto ghiaia a vista adibita (del tipo LEVOFLOOR PRONTO BIANCO a marchio Levocell o similari), eseguita mediante l'impiego di un premiscelato, con inerti frantumati di cava di colore bianco e resistenza a compressione >30 Mpa. La pavimentazione dovrà essere messa in opera previa realizzazione di un sottofondo in calcestruzzo o di un terreno perfettamente stabilizzato e, comunque, con successivo posizionamento dei giunti di dilatazione e/o di eventuali inserti costituenti il motivo architettonico secondo le prescrizioni della D.L. e opportuna protezione di cordoli, zoccolature e ogni altro elemento architettonico che potrebbe sporcarsi durante il getto della pavimentazione, da realizzarsi mediante l'applicazione con pennellata di uno specifico prodotto antiaderente temperaneo (del tipo LEVOFLOOR DIFENDI a marchio Levocell o similari). La posa in opera avverrà nei campi precedentemente predisposti secondo le seguenti fasi :

Dopo la stesura, staggiatura ed eventuale lisciatura a mano dell'impasto, evitando ogni tipo di vibrazione o sollecitazione che potrebbe indurre l'affondamento degli aggregati, applicazione a spruzzo con adeguata pompa a bassa pressione di uno strato uniforme di un ritardante di presa (del tipo DISATTIVA LEVOFLOOR DLF WR a marchio Levocell o similari) che ha la funzione di ritardare la presa superficiale del calcestruzzo e di agire come protettivo antievaporante.

- Lavaggio delle superfici con idropulitrice ad acqua fredda a pressione, per portare a vista gli aggregati, da eseguirsi dopo circa 24 ore e, comunque, in funzione delle condizioni di umidità, temperatura, quantità e classe di cemento impiegato.
- A totale maturazione del calcestruzzo della pavimentazione ghiaia a vista, e ad insindacabile giudizio della D.L., trattamento della superficie con idonei prodotti idro-oleorepellenti (del tipo LEVOFLOOR PROTEGGI a marchio Levocell o similari),

8 SISTEMAZIONI IDRAULICHE

8.1 TUBAZIONI

8.1.1 Caratteristiche dei materiali

Tubi di cemento

I tubi di cemento dovranno essere confezionati con calcestruzzo sufficientemente ricco di cemento, ben stagionati, ben compatti, levigati, lisci, perfettamente rettilinei, a sezione interna esattamente circolare, di spessore uniforme e scevri affatto da screpolature. Le superfici interne dovranno essere intonacate e lisce. La fattura dei tubi di cemento dovrà essere pure compatta, senza fessure ed uniforme. Il ghiaietto del calcestruzzo dovrà essere così intimamente mescolato con la malta che i grani dovranno rompersi sotto l'azione del martello senza distaccarsi dalla malta.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 51 di 105

Le tubazioni in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio vibrato e centrifugato a pressione costante, con dimensione massima dell'inerte grosso pari a 1/4 dello spessore della parete del tubo e $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$.

Le tubazioni in C.A.V. devono avere sezione a corona circolare di spessore uniforme, superfici interne lisce e prive di irregolarità, sagomatura delle testate a maschio e femmina per costituire giunto di tenuta che deve essere sigillato in opera con malta di cemento o con guarnizioni.

Tubi di policloruro di vinile (PVC)

I tubi PVC dovranno avere impressi sulla superficie esterna, in modo evidente, il nominativo della ditta costruttrice, il diametro, l'indicazione del tipo e della pressione di esercizio; sulle condotte per acqua potabile dovrà essere impressa una sigla per distinguerle da quelle per altri usi, come disposto dalla vigente normativa.

Le tubazioni in P.V.C. rigido devono essere costituite da elementi in policloruro di vinile non plastificato con giunti a bicchiere che devono essere sigillati a collante o con guarnizioni di tenuta a doppio anello asimmetrico in gomma. Devono rispondere per tipo e caratteristiche alle norme UNI 7447-75 tipo 303e per i controlli alle norme UNI 7448-75. Ogni elemento deve riportare il "marchio di conformità" I.I.P.n° 103 UNI 312.

Tubi di polietilene (PE)

I tubi in PE saranno prodotti con PE puro stabilizzato con nero fumo in quantità del 2-3% della massa, dovranno essere perfettamente atossici ed infrangibili ed in spessore funzionale alla pressione normalizzata di esercizio (PN 2, 5, 4, 6, 10).

8.1.2 Modalità di posa in opera

I tubi devono essere calati negli scavi con mezzi adeguati a preservarne l'integrità e disposti nella giusta posizione per l'esecuzione delle giunzioni.

Salvo quanto riguarda la formazione delle giunzioni, ogni tratto di condotta deve essere disposto e rettificato in modo che l'asse della tubazione unisca con uniforme pendenza diversi punti fissati con appositi picchetti, così da realizzare esattamente l'andamento planimetrico ed altimetrico stabilito nelle planimetrie e nei profili di progetto o comunque disposti dalla Direzione Lavori.

Non sono tollerate contropendenze in corrispondenza di punti in cui non fossero previsti scarichi; ove ciò si verificasse, l'Impresa a proprie spese deve rimuovere le tubazioni e ricollocarle in modo regolare come da progetto.

Nessun tratto di tubazione deve essere posato in orizzontale. I bicchieri devono essere possibilmente rivolti verso la direzione in cui procede il montaggio, salvo prescrizioni diverse da parte della Direzione Lavori.

Gli assi dei tubi consecutivi appartenenti a tratte di condotta rettilinea devono essere rigorosamente disposti su una retta. Si ammettono deviazioni fino ad un massimo di 5° (per i giunti che lo consentano) allo scopo di permettere la formazione delle curve a largo raggio. I tubi devono essere disposti in modo da poggiare per tutta la loro lunghezza.

Le tubazioni devono essere interrate in un cavo delle dimensioni previste in progetto, e poste in opera su platea in conglomerato cementizio e rinfiancate con interposizione di un foglio di rete elettrosaldata $\phi 8$ maglia 20x20 opportunamente piegato per seguire la sagoma del tubo.

Il conglomerato per la platea ed i rinfianchi deve essere di classe $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$.

Tra tubazione e platea deve essere interposto uno strato di malta dosata a 400 kg/m^3 di cemento.

8.2 POZZETTI A CADITOIA

Le caditoie stradali sono dispositivi opportunamente sagomate che raccolgono le acque defluenti nelle cunette poste ai lati delle strade o ai bordi di superfici scolanti. Le caditoie sono costituite da un pozzetto di raccolta interrato ispezionabile e manutenibile con un dispositivo di coronamento (griglia) od chiusura (chiusino).

I pozzetti di raccolta delle acque sono costruiti in opera o sono prefabbricati. I pozzetti in opera possono essere realizzati in muratura o con conglomerato cementizio; le dimensioni e le caratteristiche dei materiali sono descritte negli elaborati di progetto.

I pozzetti in C.A.V. devono essere in conglomerato cementizio armato e vibrato ed avere le seguenti caratteristiche:

- $R_{ck} \geq 30 \text{ N/mm}^2$;
- armatura con rete elettrosaldata in fili di acciaio del diametro e maglia adeguati;
- spessore delle pareti dei pozzetti non inferiore a 6,5 cm;
- predisposizione per l'innesto di tubazioni.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 52 di 105

GRIGLIE E CHIUSINI

Le griglie ed i chiusini vengono impiegati a protezione di pozzetti e canalette. Tutti gli elementi costruttivi devono essere conformi alle norme UNI-EN 124.

Sui pozzetti per i quali sia previsto l'eventuale accesso di persone per lavori di manutenzione o similari, il passo d'uomo deve avere diametro superiore a 600 mm.

Griglie, chiusini ed i rispettivi telai di appoggio devono portare una marcatura leggibile e durevole, indicante la norma di riferimento, la classe corrispondente, la sigla e/o il nome del fabbricante.

La tipologia e le dimensioni sono indicate negli elaborati di progetto.

8.3 FINITURE STRADALI**8.3.1 Cordoli e zanelle****Caratteristiche dei materiali**

Devono essere realizzate con elementi prefabbricati di lunghezza non superiore a 1.00 m, di forma prismatica e con la sezione indicata in progetto sia per le zanelle, i cordoli spartitraffico e i cordoli per il contenimento di aiuole o marciapiedi. Gli elementi devono essere in conglomerato cementizio vibrato (C.A.V.), con $R_{ck} > 30 \text{ N/mm}^2$, presentare superfici in vista regolari e ben rifinite con dimensioni uniformi, dosature e spessore corrispondenti alle prescrizioni e ai tipi; saranno ben stagionati, di perfetto impasto e lavorazione, sonori alla percussione senza screpolature e muniti delle eventuali

opportune sagomature alle due estremità per consentire una sicura connessione, ed essere esenti da imperfezioni, cavillature, rotture o sbrecciature. Gli elementi prefabbricati in calcestruzzo avranno sezione che sarà di volta in volta precisata dalla Direzione dei Lavori sulla base degli elaborati grafici.

Il calcestruzzo per il corpo dei manufatti dovrà avere una resistenza cubica a rottura a compressione semplice a 28 giorni di maturazione non inferiore a 30 N/mm^2 . Il controllo della resistenza a compressione semplice del calcestruzzo a 28 giorni di maturazione dovrà essere fatto prelevando da ogni partita di 100 pezzi un elemento dal quale saranno ricavati 4 provini cubici di cm 10 di lato. Tali provini saranno sottoposti a prove di compressione presso un laboratorio indicato dalla D.L. e sarà assunta quale resistenza a rottura del calcestruzzo la media delle resistenze dei 4 provini.

Le operazioni di prelievo e di prova, da eseguire a cura della D.L., saranno effettuate in contraddittorio redigendo apposito verbale controfirmato dalla D.L. e dall'Impresa. Nel caso che la resistenza risultante dalle prove sia inferiore al valore richiesto (almeno 30 N/mm^2), la partita sarà rifiutata e dovrà essere allontanata dal cantiere.

Tassativamente si prescrive che ciascuna partita sottoposta a controllo non potrà essere posta in opera fino a quando non saranno noti i risultati positivi delle prove.

Modalità di posa in opera

I manufatti prefabbricati devono essere posti in opera su letto di materiale arido perfettamente livellato e costipato avendo cura che in nessun punto restino vuoti che potrebbero compromettere la resistenza della struttura. I giunti devono essere stuccati con malta dosata a 400 Kg/mc di cemento.

La posa in opera sarà eseguita su platea in conglomerato cementizio con $R_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$, interponendo uno strato di malta dosata a 400 Kg/mc di cemento, che deve essere utilizzata anche per la stuccatura dei giunti.

Il prezzo comprende ogni onere e magistero necessario per dare il cordolo e la zanella in opera, ivi compreso il tracciamento, l'eventuale scavo necessario alla posa degli elementi e della relativa fondazione, il calcestruzzo costituente la fondazione ed il rinfiacco prescritto nei particolari costruttivi, la sigillatura dei giunti il montaggio in pezzi dritti o curvi, allineati in quota o inclinati per i passi carrabili e pedonali, gli oneri per l'eventuale taglio con disco a vicia per garantire la regolare curvatura dei pezzi nei tratti di curva a stretto raggio; in particolare per le punte delle aiuole spartitraffico

dovranno essere utilizzati i pezzi speciali apposti in commercio.

Gli elementi verranno posati attestati, lasciando fra le teste contigue lo spazio di cm 0,5. Tale spazio verrà riempito di malta cementizia.

In corrispondenza di passi carrabili o pedonali, si provvederà ad inclinare i cordoli in modo tale da rispettare l'inclinazione del piano di calpestio del marciapiede, così come dettato dal DPR 503 del 24/7/1996

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 53 di 105

8.3.2 Massetto marciapiede

I marciapiedi avranno le caratteristiche dimensionali indicate nel progetto con relativa pendenza trasversale; il massetto in calcestruzzo, dovrà fungere da piano di appoggio della pavimentazione finale in masselli autobloccanti o degli elementi spartitraffico, lo spessore sarà quello indicato negli elaborati grafici.

Per quanto attiene alle caratteristiche del materiale si farà riferimento a quanto già descritto nel capitolo relativo ai calcestruzzi.

La posa in opera del calcestruzzo formante il massetto sarà eseguita dopo un'accurata preparazione del sottofondo ed una sua completa compattazione.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione degli inerti; si dovrà prestare particolare attenzione alle condizioni climatiche, in modo particolare alle temperature esterne onde evitare maturazione dei getti in condizione di gelo; la granulometria terra conto degli spessori da realizzare e la fluidità del calcestruzzo dovrà assicurare l'intasamento dei vuoti in ogni direzione, trattandosi di getti orizzontali; ove non presenti opere di contenimento quali cordoli e/o zanelle si dovrà provvedere a eseguire una casseratura laterale di sponda ad evitare sbordature; la superficie del getto sarà livellata in modo tale da consentire uno spessore uniforme delle sabbie o graniglie di appoggio dei masselli autobloccanti.

All'interno del massetto verrà interposta una rete elettrosaldata del tipo Fe B 44k, controllate in stabilimento, di diametro 8 mm, con distanza assiale di 20 cm., (per il controllo delle tensioni caratteristiche di snervamento e rottura si richiamano le norme di cui al capitolo relativo agli acciai); in fase di getto dovrà essere sollevata per evitare che si depositi sul fondo del massetto.

9 SEGNALETICA STRADALE

9.1 SEGNALETICA ORIZZONTALE

La segnaletica orizzontale presente sul tracciato stradale ed impiegante materiali con formulazioni e tipologie applicative diverse, deve soddisfare a precise richieste comportamentali e prestazionali in funzione del suo posizionamento.

Qualsiasi tipo di segnaletica orizzontale da realizzare deve essere conforme a quanto stabilito dal D.L.30.04.1992 n. 285 "Nuovo Codice della Strada", dal D.P.R. 16.12.92 n.495 "Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada" e successive modifiche e dai disegni esecutivi di progetto.

32.1.1 Classificazione dei materiali per segnaletica orizzontale

I materiali da utilizzare per la segnaletica orizzontale sono classificati nel seguente modo:

9.1.1 Pitture

Possono essere di due tipi:

1. idropitture con microsfere di vetro post-spruzzate; la pittura deve essere costituita da una miscela di resina e plastificanti, pigmenti e materiali riempitivi, il tutto contenuto in una sospensione a base d'acqua. Il residuo volatile è considerato pari al 25%.

2. pitture a freddo con microsfere di vetro premiscelate e post-spruzzate; la pittura deve essere costituita da una miscela di resine e plastificanti, da pigmenti e materiali riempitivi, da microsfere di vetro; il tutto disperso in diluenti e solventi idonei. Il residuo volatile è considerato pari al 25%.

Caratteristiche dei materiali

Vengono di seguito definiti i requisiti ai quali tutti i materiali impiegati nei lavori di segnaletica orizzontale, devono ottemperare per tutta la loro vita utile.

Valori minori a quelli richiesti sono considerati insufficienti per il mantenimento degli standard di sicurezza previsti.

La segnaletica orizzontale deve essere efficiente fin dalla posa in opera e questa, in termini di visibilità notturna, antiscivolosità ecc. deve essere mantenuta per tutta la vita utile prevista.

Le caratteristiche prestazionali richieste sono:

- colore;
- visibilità notturna;
- abrasibilità;
- tempo di essiccazione.

Colore

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 54 di 105

Il colore della pittura e la sensazione cromatica percepita dall'osservatore; e definito mediante le coordinate tricromatiche riferite al diagramma colorimetrico standard C.I.E. 1931 (Commission International d'Eclairage). I colori dei prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c devono rientrare, per tutta la loro vita utile, all'interno delle zone determinate dalle coordinate tricromatiche, rilevate secondo le metodologie di cui ai successivi articoli e riportate nella tabella seguente:

Colore	Coordinate tricromatiche				
Bianco	x	0,36	0,31	0,29	0,34
	y	0,36	0,31	0,33	0,38
Giallo	x	0,44	0,55	0,47	0,39
	y	0,40	0,46	0,54	0,43
Blu	x	0,08	0,150	0,210	0,14
	y	0,17	0,220	0,160	0,04
Giallo temporaneo	x	0,49	0,55	0,47	0,43
	y	0,43	0,46	0,54	0,48
Illuminante normalizzato D65, geometria 45/0					

Visibilità notturna

La visibilità notturna della segnaletica orizzontale è determinata dall'illuminazione artificiale della segnaletica stessa e viene definita dal valore di retroriflessione.

Il valore di retroriflessione, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c, per tutta la loro vita utile di:

150 mcd.lux-1m-2.

Valore abrasibilità SRT

La segnaletica orizzontale deve possedere nelle sue caratteristiche una resistenza allo slittamento dovuto al contatto tra il pneumatico ed il prodotto segnaletico in condizioni sfavorevoli.

Il valore minimo, rilevato secondo le metodologie di cui ai successivi articoli, deve essere per i prodotti di segnaletica orizzontale di tipo a, b e c e per tutta la loro vita utile di:

50 SRT (british portable Skid Resistance Tester).

Tempo di essiccazione

Il tempo di essiccazione rilevato secondo le metodologie di cui al successivo articolo, deve rientrare nei tempi di seguito indicati:

- Idropitture

La pittura applicata sulla superficie stradale (manto bituminoso, manto bituminoso drenante, manto in conglomerato cementizio), alla temperatura dell'aria compresa tra +10 °C e +40 °C ed umidità relativa non superiore al 70% deve asciugarsi entro 15-20 min dall'applicazione.

Trascorso tale periodo di tempo la pittura non deve sporcare o scolorire sotto l'azione delle ruote gommate degli autoveicoli in transito.

Le idropitture devono essere impiegate con una temperatura dell'aria superiore a 10 °C e con un umidità relativa inferiore a 80%.

CARATTERISTICHE FISICO CHIMICHE DEI MATERIALI PER SEGNALETICA ORIZZONTALE

Le caratteristiche fisico-chimiche dei materiali di segnaletica orizzontale, riportate di seguito, devono essere considerate come proprietà di riferimento per la realizzazione dei prodotti segnaletici.

Idropitture post-spruzzate con microsfere di vetro

Caratteristiche chimico-fisiche (per le tre pigmentazioni)

1	Massa volumica (T=25 °C)	1,65 - 1,7 g/cm ³
2	Residuo non volatile	80% in peso ± 5%
3	Quantità pigmenti (*)	45% in peso ± 5%
4	Quantità di TiO ₂ (**)	25% in peso ± 5%
5	Quantità microsfere post-spruzzate	300 g/m ²
6	Ph	10 ± 0,5

Metodi per le prove: "2", "3", "4"

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	55 di 105

2-ASTM D-2832

3-F.T.M.S. 141a-4021

4-ASTM D-1394

(*) Riferito a 100 g di prodotto esente da microsfere

(**) Riferito alla quantità di pigmenti

Pitture a freddo premiscelate e post-spruzzate con microsfere di vetro

Caratteristiche chimico-fisiche (per le tre pigmentazioni)		
1	Massa volumica (T=20 °C)	1,6- 1,9 g/cm3
2	Residuo non volatile	75-85/100g
3	Quantità pigmenti (*)	35g/100g
4	Quantità di TiO2 (**)	30%
5	Quantità microsfere premix	30%
6	Quantità microsfere post-spruzzate	300 g/m2

Metodi per le prove: "1", "2", "3", "4"

1-F.T.M.S. 141a-4184

2-ASTM D-2832

3-F.T.M.S. 141a-4021

4-ASTM D-1394

(*) Riferito a 100 g di prodotto esente da microsfere

(**) Riferito alla quantità di pigmenti

Granulometria delle microsfere

TAVOLA - GRANULOMETRIE MICROSFERE DI VETRO

PREMISCELATURA				POSTSPRUZZATURA	
TERMOPLASTICO E TERMOCOLATO		PITTURE A SOLVENTE			
n. Setaccio (ISO 565)	Materiale % passante	n. Setaccio (ISO 565)	Materiale % passante	n. Setaccio (ISO 565)	Materiale % passante
Standard (mm)		Standard (mm)		Standard (mm)	
1,00	100,00	250,00	100,00	850,00	100,00
0,85	75 - 100	212,00	95-100	590,00	80-95
0,60	10 - 35	180,00	85-100	300,00	25-70
0,43	0 - 10	106,00	15-55	180,00	0-15
0,36	0 - 5	63,00	0-10		
FUSO 1		FUSO 2		FUSO 3	

- indice di rifrazione: > 1,52

- esigenze di Qualità (controllo visuale): minimo 85% di microsfere di vetro senza difetto (in numero) massimo 5% di graniglie di vetri (in numero);

- trattamento con silicone: senza;

- sfericità: minimo 80% per i trattenuti ai tre setacci più grandi minimo 75% per i trattenuti ai rimanenti setacci;

- trattamento microsfere post-spruzzate:

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	56 di 105

Le microsfere con cui si effettua la post-spruzzatura delle strisce, devono essere rivestite con agenti di accoppiamento specifici per il tipo di legante presente nel prodotto verniciante, al fine di aumentare l'aderenza tra le stesse microsfere ed il prodotto applicato.

Le granulometrie delle microsfere devono essere determinate secondo il metodo ASTM D-1214.

Posa in opera

Le superfici interessate dalla segnaletica orizzontale devono essere accuratamente pulite in modo da essere liberate da ogni impurità in grado di nuocere all'adesione dei materiali impiegati. E vietata l'eliminazione di tracce di olio o grasso a mezzo di solventi.

L'applicazione dei materiali deve avvenire su superfici asciutte e deve essere effettuata con mezzi meccanici idonei, cercando, inoltre, di ridurre al minimo l'ingombro della carreggiata.

La posa in opera dei materiali per segnaletica orizzontale deve essere eseguita secondo quanto stabilito dagli elaborati progettuali.

L'eventuale rimozione della segnaletica orizzontale deve essere eseguita con sistemi che prevedono l'impiego di mezzi meccanici, che non modifichino la regolarità della pavimentazione creando solchi (tipo pallinatrice), esplicitamente approvati dalla Direzione Lavori.

CONTROLLI E PROVE SUI MATERIALI APPLICATI

Segnaletica orizzontale

I controlli relativi alle caratteristiche prestazionali dei materiali devono essere effettuati al fine di verificare il mantenimento dei valori richiesti per tutta la vita utile. Tali verifiche dovranno essere effettuate tutte le volte che la Direzione Lavori lo riterrà opportuno.

Le prove a cui dovranno essere sottoposti i prodotti potranno essere eseguite in laboratorio o in cantiere con strumentazione portatile in sito e/o con macchine ad alto rendimento ad insindacabile giudizio della direzione Lavori.

CONTROLLI IN LABORATORIO

Corrispondenza tra prodotto accettato e prodotto impiegato.

Il controllo della rispondenza tra prodotto accettato e quello impiegato deve essere effettuato prelevando una campionatura di minimo 4kg dalle confezioni integre di pittura presenti sul cantiere o prelevando una pari campionatura dai serbatoi delle macchine operatrici e una quantità minima di 5kg di perline.

Questo prodotto deve essere sottoposto alle seguenti verifiche:

- determinazione del colore (coordinate tricromatiche);
- determinazione delle caratteristiche chimico fisiche;
- tempo di essiccazione;
- verifica della granulometria;
- verifica dell'indice di rifrazione;
- verifica della qualità delle perline.

Numero controlli

Tali prelievi devono essere effettuati per ogni tipo di materiale impiegato (pitture a freddo, termoplastico, ecc.) e per ogni partita pervenuta in cantiere.

CONTROLLI CON STRUMENTAZIONE PORTATILE IN SITO

Colore

I controlli delle coordinate tricromatiche devono essere eseguiti con uno strumento dotato di una sorgente luminosa avente una distribuzione spettrale del tipo D65, come definito dalla norma ISO/CIE 10526.

La configurazione geometrica di misura da impiegare deve essere la 45/0, con un angolo di illuminazione di 45° } 5° e un angolo di osservazione di 0° } 10°. Gli angoli si intendono misurati rispetto alla normale alla superficie della segnaletica. La superficie minima misurata deve essere di 5cmq. Per superfici molto rugose, la superficie di misurazione deve essere superiore a 5cmq, ad esempio 25cmq.

Il valore delle coordinate tricromatiche deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

- a) linee longitudinali: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapporti giornalieri). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo tre letture dei valori delle coordinate cromatiche.
- b) simboli: per ogni simbolo, il valore delle coordinate tricromatiche, deve essere dato dalla media di cinque letture.
- c) lettere: per ogni lettera, il valore delle coordinate tricromatiche, sarà dato dalla media di tre letture.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 57 di 105

d) linee trasversali: per ogni striscia trasversale, il valore delle coordinate tricromatiche, deve essere dato dalla media di cinque letture.

Visibilità notturna

I controlli dei valori di retroriflessione devono essere eseguiti con l'apparecchio "ECOLUX - L.C.P.C."

con un angolo di incidenza di 86° 30' e l'angolo di divergenza di 1°.

Il valore di retroriflessione deve essere determinato, in funzione della tipologia della segnaletica e più precisamente:

a) linee longitudinali: deve risultare dalla media di tre sondaggi eseguiti nel tratto scelto per il controllo (tratto riferito ai rapporti giornalieri). In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo dieci letture dei valori di retroriflessione.

b) simboli: per ogni simbolo, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di dieci letture.

c) lettere: per ogni lettera, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di tre letture.

d) strisce trasversali: per ogni striscia trasversale, il valore di retroriflessione deve essere dato dalla media di dieci letture.

Abradibilità

I controlli dei valori di abrasibilità devono essere eseguiti con l'apparecchio "Skid Tester Resistance", consistente in un pendolo oscillante accoppiato ad un cursore di gomma nella sua estremità libera.

Lo strumento in oggetto rileva la perdita di energia del pendolo, causata dalla frizione del cursore in gomma su una data area del segnale orizzontale, con risultato espresso in unità SRT.

Il valore di abrasibilità deve essere dato dalla media di cinque letture eseguite in ogni singolo punto scelto, nel tratto riferito ai rapporti giornalieri, se i valori rilevati non differiscono di più di tre unità; altrimenti devono essere effettuate misure successive finché si otterranno cinque valori che non differiscono di più di tre unità.

Controlli con strumentazione ad alto rendimento

I controlli devono essere eseguiti con l'apparecchiatura "Ecodyn" a geometria "ECOLUX - L.C.P.C." con un angolo di incidenza di 86° 30' e l'angolo di divergenza di 1°.

I valori della visibilità notturna devono essere rilevati in continuo con un intervallo di 40cm, e devono essere restituiti con il loro valore medio per tratti omogenei di 100m.

Tali rilievi devono essere effettuati sulle strisce longitudinali continue e discontinue.

Devono essere effettuati minimo due controlli, nel corso della vita utile stabilita dal contratto.

Vita utile della segnaletica orizzontale

Durante il periodo della vita utile della segnaletica orizzontale, l'Impresa dovrà provvedere, a sua cura e spese, a tutti i ripristini e rifacimenti che si dovessero rendere necessari (anche se non esplicitamente richiesto dalla Direzione Lavori) a causa della carenza, anche di una sola, delle caratteristiche prestazionali richieste, come indicato dalle presenti Norme.

9.2 SEGNALETICA VERTICALE

CARATTERISTICHE TECNICHE DEI SUPPORTI PER INDICATORI SEGNALETICI RETRORIFLETTENTI DI TIPO STANDARD E NON STANDARD.

I requisiti tecnici devono essere quelli previsti dal Nuovo Codice della strada e dal relativo regolamento di esecuzione ed attuazione, nonché dai Disciplinari tecnici emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici e dal progetto CEN prEN 12899 – edizione Giugno 1997 circolari ministeriali LL PP N. 3652 del 17/06/1998 e successive integrazioni 1343-1344 D.L. 11/03/1999.

A) PARTI METALLICHE - MATERIE PRIME

I supporti per indicatori segnaletici retroriflettenti devono essere realizzati in lamiera di alluminio con un titolo di purezza non inferiore al 99,5 e uno stato di cottura semicrudo, denominazione UNI (1050A – H 24/26). Gli stessi possono essere realizzati anche in lamiera di ferro ove specificato, tipo FE per stampaggio P01 – MAZ. I supporti dovranno avere gli spessori che qui di seguito riportiamo: Al. 25/10 di mm. - FE 10/10 di mm Al. 30/10 di mm. Sono applicate le tolleranze dimensionali secondo le norme UNI EN 485 – alluminio e leghe di alluminio UNI EN 10131 acciaio laminati a freddo.

- LAVORAZIONI

Le parti addizionali di rinforzo dovranno essere prodotte con il medesimo materiale dei supporti, alluminio con alluminio, ferro con ferro. Il supporto dovrà avere un bordo di rinforzo minimo di h mm 14 senza soluzione di continuità, con angoli raggiati non inferiori a mm. 10. I supporti degli indicatori segnaletici retroriflettenti formati da più pannelli, dovranno essere realizzati nel più basso numero possibile, dovranno avere un bordo di rinforzo protettivo di dimensioni minime di 20 mm. I supporti non dovranno per nessun motivo essere forati, se non per fissare gli attacchi e i rinforzi con planarità sulle superfici in vista del segnale, e gli stessi dovranno essere datati di parti addizionali di rinforzo, le quali avranno la

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	58 di 105

duplice funzione sia di rinforzo che di contenimento della bulloneria, che permette l'applicazione dei supporti ai sostegni o ad ulteriori barre di irrigidimento.

- TIPOLOGIA DI ATTACCO E RINFORZO

a) Per supporti di dimensioni ridotte (dove consentito) attacco a corsoio del tipo standard; b) Per cartelli di dimensioni superiori attacco a corsoio per l'ancoraggio di uno o più pali. Tolleranze riferite al supporto dei segnali standard superficie utile per l'applicazione del prezzo unico: La tolleranza sulle dimensioni della faccia utile del segnale è +/- 1% per i segnali con dimensioni maggiori o uguali di 900 mm +/- 8 mm per i rimanenti. I supporti degli indicatori segnaletici retroriflettenti dopo la loro realizzazione devono avere dei rivestimenti superficiali di protezione ed essere poi verniciati in colore grigio scuro (RAL7016) con prodotti esenti da sostanze aventi caratteristiche antiadesive. La verniciatura eseguita sui supporti degli indicatori segnaletici retroriflettenti deve rientrare nei seguenti parametri a garanzia della qualità. c) Resistenza alla corrosione: metodo di prova norme UNI 9590 (Unichem 741) Su alluminio nessuna ossidazione dopo 200 ore. Su ferro ossidazione pellicolare max 0,5 mm. d) Spessore minimo vernice: sulla parte in vista del segnale 50 micron. e) Controllo adesione della vernice: metodo di prova – norma UNI 9240. Sforzo distacco non inferiore a 1 N/mm². f) Durezza superficiale: metodo di prova – UNI 9395 – “Pencil – Test” g) Resistenza agli urti: metodo di prova – UNI 1519. Effettuare ripetute piegature del provino - SOSTEGNI Devono essere zincati a caldo, tubolari antirrotazione idonei a garantire alla struttura una completa stabilità in presenza di una pressione dinamica di 140 kg per mq, velocità del vento pari a 150 km/h.

B) FACCIA ANTERIORE

Sulla faccia a vista dei supporti metallici, preparati e verniciati come al precedente punto, dovranno essere applicate, a richiesta dell'Amministrazione, ai sensi dell'Art.79 comma 11 del DPR 495 del 16/12/92 e successive modificazioni ed integrazioni, pellicole retroriflettenti aventi le caratteristiche descritte dalle normative vigenti. Sui triangoli e sui dischi della segnaletica di pericolo e di prescrizione, la pellicola retroriflettente dovrà costituire un rivestimento continuo di tutta la faccia utile del cartello, nome convenzionale “a pezzo unico”, intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste trasparenti per le parti colorate e nere opache per i simboli. La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante della pellicola retroriflettente e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola retroriflettente. Per i segnali di indicazione il codice colori, la composizione grafica, la simbologia, i caratteri alfabetici componenti le iscrizioni devono rispondere a quanto previsto dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada, di cui il DPR 16/12/1992 N.495 e succ. modifiche. L'impiego delle pellicole rifrangenti ad elevata efficienza (classe 2) è obbligatorio nei casi in cui è esplicitamente previsto e per i segnali: dare precedenza, fermarsi e dare precedenza, dare precedenza a destra, divieto di sorpasso, nonché per i segnali di preavviso e di direzione di nuova installazione. Il predetto impiego è facoltativo per i segnali: divieto di accesso, limiti di velocità, direzione obbligatoria, delineatori speciali. Le pellicole retroriflettenti dovranno essere lavorate ed applicate sui supporti metallici mediante le apparecchiature previste dall'Art. 194, comma 1, DPR 16/12/1992 a. 495 e succ. modifiche. L'applicazione dovrà comunque essere eseguita a perfetta regola d'arte secondo le prescrizioni della ditta produttrice delle pellicole. Le pellicole retroriflettenti da usare nel presente appalto dovranno avere le caratteristiche colorimetriche, fotometriche, tecnologiche di durata previste dal Disciplinare Tecnico approvate dal Ministero dei LL.PP. con decreto del 31/03/1995 e dovranno risultare essere prodotte da ditte in possesso del sistema di qualità in base alle norme europee della serie UNI/EN ISO 9000.

C) DEFINIZIONI PELLICOLE • Pellicole di Classe 1 — a normale risposta luminosa con durata di 7 anni • Pellicole di Classe 2 – ad alta risposta luminosa con durata di 10 anni

D) FONDAZIONE E POSA IN OPERA. I segnali, con i relativi sostegni, devono essere posti in opera secondo le prescrizioni tecniche ed i piani segnaletici forniti dal Direttore dell'esecuzione. La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando i sostegni su apposito basamento in conglomerato cementizio dosato a q.li 3 di cemento per mc di calcestruzzo in relazione alla natura morfologica del terreno. Nei cartelli di grandi dimensioni i basamenti dovranno essere opportunamente dimensionati in funzione del numero di controventi e di sostegni adottati e del terreno di posa. Le dimensioni saranno determinate dall'impresa, tenendo presente che gli impianti dovranno resistere senza vibrazioni ad un vento di 150 Km/h. L'impresa sarà responsabile di eventuali danni derivanti da inosservanza delle norme qui riportate. I cartelli dovranno essere posizionati come indicato negli schemi A) B) C) D) dell'art. 21 e 81 del regolamento di esecuzione ed attuazione del codice della strada, di cui il DPR 16/12/92 N.495 Il giudizio dell'esattezza di tale posizione è riservato in modo insindacabile al Direttore dell'esecuzione e saranno ad esclusivo carico e spesa dell'Impresa ogni operazione e fornitura relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati. La posa in opera dei segnali deve essere fatta correttamente in modo da evitare effetti speculati ed altre distorsioni luminose.

PRESCRIZIONI LEGISLATIVE E REGOLAMENTARI

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 59 di 105

I segnali stradali dovranno essere prodotti obbligatoriamente da ditte in possesso dei requisiti specificati all'art. 45, comma 8, del decreto legislativo 30 aprile 1992 n.285. - Sul retro dei segnali, di colore neutro opaco, il produttore deve apporre, oltre a quanto previsto dal comma 7 dell'art.77 del DPR 495/92, nello stesso spazio previsto di cmq. 200, il marchio dell'Organismo di certificazione ed il relativo numero del certificato di conformità di prodotto rilasciato. - Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi ai tipi, dimensioni e misure prescritte dal Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della Strada approvato con DPR 16/12/1992 n. 495, e come modificato dal DPR 16/09/96 n.610 - La Ditta aggiudicataria in ottemperanza ed ai sensi del DPR 573/94 e della Circ.Min. LL.PP.16/05/96 n 2357 e successive modificazioni, dovrà presentare: 1) Dichiarazione attestante il possesso dei requisiti di cui all'Art. 45 comma 8 del D.LGS n. 285 del 30/4/92 ,rilasciato dal Ministero LLPP o, in alternativa, una dichiarazione impegnativa di rivolgersi, in caso di aggiudicazione, ad impresa dotata dei suddetti requisiti. 2) Certificato di conformità di prodotto, redatto secondo quanto stabilito dalla circ. 3652 del 17/6/98 G.U. n. 168 del 21.7.98. In mancanza delle suddette certificazioni non potrà essere avviata alcuna procedura contrattuale per la fornitura. - Il Direttore dell'esecuzione si riserva la facoltà di far eseguire a propria cura e spese prove di qualsiasi genere presso riconosciuti Istituti specializzati, competenti ed autorizzati, allo scopo di conoscere la qualità e la resistenza dei materiali impiegati e ciò anche dopo la provvista a piè d'opera, senza che la Ditta possa avanzare diritti e compensi per questo titolo. Qualora dalle analisi e dalle prove fatte eseguire si abbiano risultati non rispondenti alle prescrizioni, varrà ad ogni effetto la norma: "la Ditta fornitrice è tenuta a sostituire nel minor tempo possibile, a proprie cura e spese, tutto il materiale che non dovesse essere conforme alle prescrizioni richieste".

10 ESECUZIONE DI OPERE A VERDE

10.1 MATERIALE VEGETALE

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), per materiale vegetale si intende tutto il materiale vivo (alberi, arbusti, tappezzanti, sementi ecc.) occorrente per l'esecuzione del lavoro. Questo materiale dovrà provenire da ditte appositamente autorizzate ai sensi delle leggi 18 giugno 1931, n. 987 e 22 maggio 1973, n. 269 e successive modificazioni e integrazioni, nonché della normativa di recepimento della Direttiva 98/56/CE del Consiglio e delle Direttive 99/66/CE, 99/67/CE, 99/68/CE, 99/69/CE della Commissione.

L'Impresa dovrà dichiararne la provenienza con relativa certificazione varietale e fitosanitaria alla Direzione Lavori.

Le piante dovranno essere sottoposte in vivaio a tutte le lavorazioni necessarie, dovranno inoltre essere sane e non presentare alcun segno di attacco da parte di patogeni. Le piante, infine, non dovranno presentare deformazioni di alcun tipo e dovranno avere il portamento tipico della specie.

Ogni pianta, o gruppo omogeneo di piante, dovrà presentare apposito cartellino di riconoscimento (in materiale plastico) con indicato, in modo leggibile ed indelebile, il nome botanico (genere, specie, cultivar) e il numero di esemplari (nel caso di piante facenti parte di un lotto di piante identiche).

Le piante saranno trasportate in cantiere con tutte le cure necessarie ad evitare ogni genere di danneggiamento sia alle parti aeree che alle zolle e radici (mezzi di trasporto idonei, protezioni adeguate, procedure di carico e scarico corrette ecc.).

In particolare, in accordo con la norma DIN 18916, è importante evitare, durante il trasporto, il rischio di disseccamento delle piante a causa del vento. In tal senso, il trasporto dovrebbe avvenire in automezzi chiusi o con copertura continua e sufficiente. Prima dello scarico in cantiere, si dovrà verificare che le piante siano state accatastate a regola d'arte e che siano prive di danni. È importante porre rimedio immediato alle eventuali perdite di umidità delle piante tramite opportune annaffiature.

Le piante arrivate in cantiere devono essere messe a dimora entro 48 ore. In questo lasso di tempo, si dovrà avere cura di salvaguardare le piante dal disseccamento e dal surriscaldamento.

Nel caso in cui il periodo di tempo intercorrente tra l'arrivo in cantiere delle piante e la loro messa a dimora sia molto lungo, si dovrà avere cura di sistemare le piante in un apposito "vivaio provvisorio".

10.1.1 Alberi

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), gli alberi dovranno presentare portamento e dimensioni rispondenti alle caratteristiche richieste dal progetto e tipici della specie, della varietà e della età al momento della loro messa a dimora e dovranno essere stati specificatamente allevati per il tipo di impiego previsto (es. alberate stradali, filari, esemplari isolati o gruppi ecc.).

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	60 di 105

Il tronco e le branche degli alberi non devono presentare deformazioni, ferite, segni di urti, grandine, scortecciamenti, legature, ustioni ecc. Nel caso di alberi innestati, non si dovranno presentare sintomi di disaffinità nel punto d'innesto. La chioma dovrà presentarsi ben ramificata e simmetrica, con una distribuzione delle branche omogenea ed equilibrata. L'apparato radicale dovrà presentarsi ben accestito, ricco di ramificazioni e di radici capillari e senza tagli sulle radici con diametro superiore al centimetro.

Di norma, gli alberi dovranno essere forniti in zolla o in contenitore, a seconda di quanto specificato in progetto o dalla Direzione

Lavori. Solo su specifica indicazione potranno essere fornite piante a radice nuda, ma solo se a foglia caduca e giovani. Le dimensioni della zolla o del contenitore dovranno essere adeguate alle dimensioni della pianta. La zolla si dovrà presentare senza crepe, con la terra ben aderente alle radici e ben imballata. Il materiale d'imballo dovrà essere biodegradabile ed eventualmente rinforzato (per piante di grandi dimensioni) con una rete anch'essa biodegradabile.

Le caratteristiche dimensionali degli alberi previsti dal progetto fanno riferimento alle seguenti definizioni (Ministero dell'Ambiente, 1997):

- altezza dell'albero: distanza che intercorre tra il colletto ed il punto più alto della chioma;
- altezza di impalcatura: distanza che intercorre tra il colletto e il punto di intersezione al fusto della branca principale più vicina;
- circonferenza del fusto: misurata ad un metro dal colletto;
- diametro della chioma: dimensione rilevata in corrispondenza della prima impalcatura per le conifere, a 2/3 dell'altezza totale per tutti gli altri alberi;
- caratteristiche di fornitura: a radice nuda, in zolla, in contenitore.

10.1.2 Arbusti e cespugli

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), arbusti e cespugli, qualunque siano le loro caratteristiche specifiche (a foglia decidua o sempreverdi), anche se riprodotti per via agamica, non dovranno avere portamento "filato" e dovranno rispondere alle specifiche indicate in progetto per quanto riguarda altezza, numero delle ramificazioni, diametro della chioma.

Anche per arbusti e cespugli l'altezza totale verrà rilevata analogamente a quella degli alberi. Il diametro della chioma sarà rilevato alla sua massima ampiezza.

Tutti gli arbusti e i cespugli dovranno essere forniti in contenitori o in zolla. Solo su specifica indicazione potranno essere fornite piante a radice nuda, ma solo se a foglia caduca, giovani e di limitate dimensioni.

10.2 ALTRE PIANTE

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), in questo raggruppamento vengono incluse le piante:

erbacee annuali, biennali, perenni;
 tappezzanti;
 rampicanti, sarmentose e ricadenti;
 bulbose, tuberose, rizomatose;
 acquatiche e palustri.

Per quanto riguarda le piante erbacee annuali, biennali, perenni, andranno di norma fornite in contenitore.

Per quanto riguarda le piante tappezzanti, si dovrà avere cura di verificare, al fine di garantire una migliore copertura del terreno, che le radici delle piante si presentino ben sviluppate e vigorose.

Per quanto riguarda le piante rampicanti, oltre a quanto specificato per le altre piante, si dovrà avere cura che queste siano adeguatamente protette durante la fase di trasporto e messa a dimora. Si dovrà, inoltre, avere cura di mettere in opera gli appositi sostegni previsti dal progetto.

Per quanto riguarda le piante bulbose, tuberose, rizomatose, si dovrà avere cura di verificare che bulbi, tuberi e rizomi siano freschi, turgidi e in stasi vegetativa. I rizomi, inoltre, dovranno presentare un adeguato numero di gemme sane.

Per quanto riguarda le piante acquatiche, si dovrà avere cura che vengano poste tutte le attenzioni del caso nel trasporto e nella conservazione in attesa della messa a dimora.

10.3 SEMENTI

La semente utilizzata dovrà presentare le caratteristiche varietali richieste e dovrà essere fornita sempre nelle confezioni originali sigillate e munite della certificazione E.N.S.E. (Ente Nazionale Sementi Elette). Sulla confezione dovranno

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 61 di 105

essere riportate, secondo la normativa vigente, il grado di purezza, la germinabilità e le date di confezionamento e scadenza.

Se non utilizzate immediatamente, le sementi andranno conservate in un locale idoneo (fresco e privo di umidità).

10.4 MATERIALE AGRARIO

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), per materiale agrario si intende tutto il materiale usato negli specifici lavori di agricoltura, vivaismo e giardinaggio (es. terreni e substrati di coltivazione, concimi, fitofarmaci, tutori, ecc.), necessario alla messa a dimora, alla cura ed alla manutenzione delle piante previste per la sistemazione a verde dell'area.

10.4.1 Terra di coltivo

Nel caso si rendesse necessario un apporto di terra di coltivo, l'Appaltatore è tenuto a compiere a proprie spese le opportune indagini al fine di verificarne la qualità. Le analisi andranno effettuate, salvo esplicita diversa richiesta da parte della Direzione Lavori, secondo le norme e procedure previste dalla Società Italiana della Scienza del Suolo.

L'apporto della terra di coltivo è comunque soggetto a preventiva accettazione della sua qualità da parte della Direzione Lavori. La terra di coltivo apportata dovrà, salvo esplicita diversa indicazione di progetto o della Direzione Lavori, avere le seguenti caratteristiche:

- reazione neutra (pH circa uguale a 7);
- tessitura "franca", con una giusta proporzione di sabbia, limo e argilla, tipica dei terreni di medio impasto, e con presenza non eccessiva di scheletro (elementi con diametro superiore ai 2 mm), comunque non superiore al 20% del volume totale;
- buona dotazione di elementi nutritivi, in proporzione e forma idonea;
- buona dotazione di sostanza organica e microrganismi utili;
- assenza di elementi estranei al terreno (pietre, rami ecc.);
- assenza di sostanze tossiche e di agenti patogeni.

10.4.2 Substrato di coltivazione

In accordo con il Ministero dell'Ambiente (1997), con "substrati di coltivazione" si intendono materiali di origine minerale e/o vegetale utilizzati singolarmente o miscelati in proporzioni note per impieghi particolari e per ottenere un ambiente di crescita adatto alle diverse specie che si vogliono mettere a dimora.

Nel caso si rendesse necessaria, per alcune sistemazioni/essenze particolari, l'utilizzazione di particolari "substrati di coltivazione" (terriccio di letame, torba, compost ecc.), l'appaltatore è tenuto a verificarne la qualità e la provenienza, e il loro utilizzo è comunque soggetto a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori.

I substrati di cui al comma precedente possono venire utilizzati singolarmente oppure in miscela con altri o con terra di coltivo.

Nel caso vengano utilizzati substrati già confezionati, sulle confezioni dovrà essere indicata la composizione del prodotto, mentre nel caso vengano utilizzati substrati non confezionati, l'Appaltatore dovrà effettuare a proprie spese le opportune analisi al fine di verificarne la qualità e la composizione.

In ogni caso, il substrato dovrà risultare esente da sostanze tossiche e agenti patogeni.

10.4.3 Fertilizzanti

I fertilizzanti impiegati dovranno essere forniti nella confezione originale, sulla quale dovranno essere indicati, a norma di legge, composizione e titolo.

Nel caso di impiego di letame, l'Appaltatore è tenuto a fornire le opportune indicazioni di qualità e provenienza alla Direzione Lavori, onde acquisire da quest'ultima l'approvazione all'utilizzo.

E comunque facoltà della Direzione Lavori intervenire, in qualsiasi momento durante la fase di impianto o di manutenzione, nelle scelte circa l'opportunità della concimazione e/o il tipo di fertilizzante da utilizzare.

10.4.4 Ammendanti, correttivi e fitofarmaci

L'utilizzo di ammendanti (per migliorare le caratteristiche fisiche del terreno), correttivi (per migliorare la reazione del terreno) e fitofarmaci (diserbanti, insetticidi ecc.) dovrà essere preventivamente autorizzato dalla Direzione Lavori.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 62 di 105

I prodotti impiegati dovranno essere forniti nella confezione originale, sulla quale dovranno essere indicate, a norma di legge, la provenienza, la composizione e la classe di tossicità (per i fitofarmaci).

10.5 SISTEMI DI ANCORAGGIO

Nel caso di messa a dimora di alberi (o di arbusti di grandi dimensioni), questi dovranno essere opportunamente ancorati al suolo, per almeno due anni (tre nel caso di piante di grandi dimensioni).

I sistemi di ancoraggio sono diversi e possono variare in funzione della specie e della dimensione della pianta, della ventosità della zona, della presenza e della tipologia del traffico veicolare e/o pedonale, delle caratteristiche estetiche della sistemazione a verde e degli interventi di manutenzione previsti. In base a tali fattori, infatti, l'Appaltatore dovrà scegliere la tipologia, il numero, l'altezza e il diametro (mai inferiore ai 5 cm) più appropriato dei tutori. È, in ogni caso, sconsigliato l'utilizzo di un solo palo tutore per piante di dimensioni medio-grandi.

Il tutore deve essere dritto, scortecciato e trattato con sostanze antimuffa e antimarciume, per un'altezza di almeno 1 m. Allo stesso trattamento devono essere sottoposti i picchetti in legno che eventualmente verranno utilizzati.

In particolari situazioni e per particolari esigenze, la Direzione Lavori può richiedere l'utilizzo di appositi tiranti in sostituzione dei tutori.

Nell'operazione di "impianto" del tutore, l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione al fine di evitare qualsiasi tipo di danneggiamento alle zolle e agli apparati radicali. Di norma, il palo tutore deve essere piantato nel terreno ad una profondità di 30-50 cm, in funzione della specie e della dimensione della pianta.

I pali di sostegno (o i tiranti) verranno legati al tronco delle piante per mezzo di opportuni legacci. Questi dovranno, comunque, consentire l'assestamento delle piante ed evitare "strozzature" del tronco. A tal fine, dovranno, una volta legati, presentare un certo grado di movimento e, comunque, essere realizzati con materiali opportunamente elastici (gomma, plastica ecc.). Inoltre, per evitare danneggiamenti al tronco, e sempre utile frapporre tra quest'ultimo e il legaccio un "cuscinetto" di opportuno materiale (es. stoffa, gomma ecc.).

10.6 MATERIALE PACCIAMANTE

Con "materiali pacciamanti" si intendono tutti quei materiali (cortecce, foglie secche, ecc.) utilizzati per la copertura superficiale del terreno in prossimità delle piante ("pacciamatura"). Tale pratica ha lo scopo di migliorare le condizioni di vita delle piante attraverso la creazione di più idonee condizioni termiche e di umidità e attraverso il controllo delle infestanti.

Il materiale pacciamante dovrà essere fornito nella confezione originale, sulla quale dovranno essere indicate la provenienza e la composizione.

L'utilizzo di materiale non confezionato e soggetto a preventiva autorizzazione da parte della Direzione Lavori, alla quale l'Appaltatore è tenuto a fornire tutti gli elementi utili a giudicare la qualità e la provenienza.

Potrà comunque essere utilizzato il materiale derivante dalla eventuale "cippatura" dei rami effettuata in cantiere.

10.7 APPROVVIGIONAMENTO DI ACQUA

La Stazione appaltante fornirà all'Appaltatore l'acqua necessaria per la realizzazione delle opere previste. L'Appaltatore potrà, quindi, utilizzare gratuitamente l'acqua disponibile in sito (acquedotto pubblico o altra fonte).

Nel caso in cui l'acqua non fosse disponibile, l'appaltatore è tenuto a rifornirsi della quantità necessaria con mezzi propri e a proprie spese.

L'Appaltatore, sia che si approvvigioni dal committente che con mezzi propri, è tenuto al controllo periodico della qualità dell'acqua. È tenuto, inoltre, ad effettuare specifiche analisi, su richiesta esplicita della Direzione Lavori.

L'acqua utilizzata per l'irrigazione e l'innaffiamento dovrà essere esente da sostanze inquinanti e nocive, nonché risultare entro i limiti di tolleranza di "fitotossicità relativa".

10.8 ABBATTIMENTO DI ALBERI ESISTENTI

L'Appaltatore è tenuto a prestare particolare attenzione affinché alberi e rami, nella caduta, non causino danno alcuno a cose e persone. A tale scopo, l'Appaltatore è tenuto ad eliminare le branche e i rami dal tronco, prima di abbattere la pianta, e successivamente a "guidarla" nella sua caduta.

Il legname derivante dall'abbattimento di alberi verrà accatastato, secondo le indicazioni della Direzione Lavori, in un luogo idoneo. Nel caso le piante abbattute presentino malattie, l'Appaltatore è tenuto a seguire tutte le norme igienico-sanitarie del caso, nonché quelle eventualmente previste dalla legislazione vigente.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 63 di 105

Salvo specifica indicazione della Direzione Lavori, le ceppaie verranno rimosse e trasportate in idoneo luogo di smaltimento. Le ceppaie indicate per rimanere sul sito andranno tagliate rasente il terreno.

10.9 SALVAGUARDIA DELLA VEGETAZIONE ESISTENTE

L'Appaltatore è tenuto a porre in essere tutte le misure necessarie alla protezione, da qualsiasi tipo di danneggiamento (fisico, chimico, da stress ambientale), della vegetazione che il progetto, di cui al presente appalto, indica da conservare. La Direzione Lavori ha facoltà di integrare, anche durante l'esecuzione dei lavori, l'elenco degli alberi da conservare, mediante comunicazione scritta cui l'Appaltatore è tenuto ad adeguarsi.

Qualora l'Appaltatore si trovi a compiere lavori nelle vicinanze di alberi da salvaguardare, dovrà porre particolare attenzione a non danneggiarne l'apparato radicale, il tronco e la chioma.

Per quanto riguarda la protezione degli apparati radicali, normalmente non direttamente visibili a chi effettua le lavorazioni, l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione a tutte le operazioni che comportano degli scavi nelle vicinanze delle piante da salvaguardare. In particolare, gli scavi effettuati in un raggio di circa 1-2,5 m dal fusto (in funzione della specie e della dimensione della pianta) dovranno, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, essere eseguiti manualmente, al fine di verificare la presenza e la localizzazione di grosse radici che, se danneggiate o eliminate, possono portare pericolose malattie per l'albero o problemi per la sua stabilità.

Per quanto riguarda la protezione dei fusti e delle chiome, andrà posta particolare attenzione ad evitare i danni meccanici derivanti dall'uso nelle vicinanze degli alberi da salvaguardare di macchine e attrezzi pesanti. A tale scopo, l'Appaltatore è tenuto a coprire i tronchi in pericolo con apposite tavole in legno (dello spessore di almeno 2-3 cm), ad esso saldamente legate, e di altezza consona allo scopo. È consigliabile frapporre tra le tavole e il tronco un opportuno "cuscinetto" (formato ad esempio da vecchie gomme di autoveicoli).

Nei casi di trapianto in altro luogo delle piante, l'Appaltatore è tenuto, di concerto con la Direzione Lavori, ad adottare tutte le tecniche e gli accorgimenti utili alla migliore esecuzione dell'intervento.

Nel caso in cui, nonostante tutte le misure di cautela prese e l'attenzione posta nelle lavorazioni, qualche albero venisse danneggiato, l'Appaltatore è tenuto a darne immediata comunicazione alla Direzione Lavori. Questa provvederà ad effettuare le opportune valutazioni e a predisporre le necessarie misure, alle quali l'Appaltatore è tenuto a sottostare.

Analogamente a quanto previsto per le piante arboree, l'Appaltatore dovrà porre particolare attenzione a non danneggiare gli arbusti e le piante erbacee esistenti e da conservare. In particolare, andrà di norma evitato il calpestamento, dovuto al passaggio dei mezzi meccanici e degli addetti ai lavori, delle zone da salvaguardare nonché il deposito, anche se temporaneo, di materiale pesante e/o "potenzialmente inquinante" sulle stesse.

10.10 DELIMITAZIONE DEGLI AMBITI DI INTERVENTO

Prima dell'esecuzione delle lavorazioni e della realizzazione delle opere previste, l'Appaltatore dovrà, in base a quanto previsto dal progetto e a quanto eventualmente disposto dalla Direzione Lavori, provvedere a tracciare opportunamente sul terreno gli ambiti di intervento, individuando l'esatta posizione dei diversi elementi progettuali (elementi di arredo, impianti, essenze vegetali ecc.).

Tale tracciamento dovrà essere sottoposto al controllo della Direzione Lavori, solo dopo il parere positivo espresso da quest'ultima, l'Appaltatore potrà procedere con le lavorazioni previste.

A prescindere dall'accettazione del tracciamento da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore rimane interamente responsabile della esatta corrispondenza della realizzazione con il progetto. Pertanto, salvo i casi di variante in corso d'opera ordinata per iscritto, l'Appaltatore è tenuto a rifare, a proprie spese, le opere realizzate non rispondenti a quanto previsto nel progetto.

10.10.1 Lavorazione del Terreno

Una volta completati i lavori preliminari, l'Appaltatore è tenuto ad effettuare, anche in funzione del tipo di lavori e delle opere in progetto, una lavorazione generale del terreno allo scopo sia di portare alla luce ed eliminare materiale inerte e rifiuti di dimensioni incompatibili con il progetto nonché eventuali parti sotterranee di vegetazione infestante, sia di operare una prima movimentazione del terreno.

Alla lavorazione generale di cui al paragrafo precedente, potranno seguire altri interventi mirati al miglioramento delle caratteristiche chimiche e della struttura del terreno, in funzione sia del tipo di progetto che dei risultati di eventuali indagini ed analisi svolte.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 64 di 105

Il tipo e le caratteristiche delle lavorazioni del terreno andranno preventivamente concordate con la Direzione Lavori, e andranno effettuate secondo le norme della migliore tecnica agronomica, e comunque con il terreno al giusto grado di umidità.

10.10.2 Operazioni di Scavo

Nelle operazioni di scavo, l'Appaltatore dovrà avere cura che queste siano effettuate in modo da non provocare frane e cedimenti di alcun tipo, in modo particolare se si interviene su terreni in pendenza, e di garantire il regolare deflusso delle acque.

L'Appaltatore rimane, comunque, unico responsabile di eventuali danni arrecati durante le operazioni di scavo ed è, quindi, tenuto al ripristino della situazione originaria e al pagamento di eventuali danni.

I materiali derivanti dagli scavi e non reimpiegabili in cantiere, andranno allontanati e trasportati in aree idonee a cura e spese dell'Appaltatore.

Sia nelle operazioni di scavo che in quelle di trasporto del materiale di risulta, l'Appaltatore è tenuto ad utilizzare i mezzi più idonei.

10.10.3 Buche per la messa a dimora di alberi e arbusti

Le buche destinate ad alberi ed arbusti dovranno, salva diversa indicazione della Direzione Lavori, presentare dimensioni idonee ad ospitare la zolla e le radici della pianta e a creare un'opportuna area di terreno drenante, indicativamente con una larghezza circa doppia rispetto alla zolla ed una profondità pari a circa 1 volta e mezza).

Nel caso di piantagione di alberi di grandi dimensioni, le buche dovranno essere preparate in modo da tener conto anche della eventuale necessità di apportare ulteriori strati di materiale drenante, sostanza organica ecc., e del fatto che, a causa del peso notevole, la pianta sarà soggetta ad un certo assestamento.

Nel caso di piantagione di piante a radice nuda, le dimensioni della buca dovranno essere tali da consentire la messa a dimora delle piante senza che gli apparati radicali vengano danneggiati.

Nella preparazione della buca dovrà essere posta particolare attenzione alla eventuale presenza di reti tecnologiche sotterranee.

L'Appaltatore è tenuto ad informare tempestivamente la Direzione Lavori dell'eventuale ritrovamento nel sottosuolo di cavi e tubazioni e a concordare con essa l'eventuale spostamento della buca.

Nella preparazione della buca, l'Appaltatore dovrà altresì porre particolare attenzione che non si verifichino fenomeni di ristagno in prossimità delle radici. A tal fine, avrà cura di posizionare sul fondo della buca un opportuno strato di materiale drenante (ghiaia, ecc.).

In presenza di gravi fenomeni di ristagno, in accordo con la Direzione Lavori, l'Appaltatore provvederà alla realizzazione delle più opportune opere di drenaggio.

10.10.4 Utilizzo della terra di coltivo

In accordo con la Direzione Lavori, dovrà apportare l'opportuna quantità di terra di coltivo necessaria alla creazione di uno strato di terreno sufficiente all'impianto del prato e al riempimento delle buche.

Il terreno rimosso e non più utilizzabile andrà allontanato dal cantiere.

10.10.5 Messa a dimora di alberi e arbusti

Prima della messa a dimora delle piante, l'Appaltatore dovrà avere cura di riempire parzialmente le buche predisposte, in modo da creare, sul fondo delle stesse, uno strato di terreno soffice dello spessore adeguato (in funzione delle dimensioni della zolla o dell'apparato radicale), e comunque non inferiore ai 20 cm.

Nella messa a dimora delle piante, l'Appaltatore dovrà aver cura di non danneggiare gli apparati radicali e di non modificarne il naturale portamento.

Nel caso della messa a dimora di alberi e arbusti a radice nuda, l'Appaltatore è tenuto a ringiovanire le radici, spuntando le loro estremità ed eliminando le parti danneggiate, ed a "rivestirle" con un "impasto" di terra e sostanza organica coagulante (es. poltiglia bordolese) che costituisca uno strato sottile attorno alle radici, utile contro il disseccamento e per fornire i primi elementi nutritivi. Le radici andranno incorporate con terra sciolta, che andrà opportunamente pressata in modo che aderisca il più possibile alle radici stesse.

Nel caso della messa a dimora di alberi e arbusti con zolla, andranno praticati opportuni tagli sull'imballo, al livello del colletto, al fine di aprirlo sui lati, pur senza rimuoverlo (andranno eliminati solo eventuali legacci di metallo).

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 65 di 105

Sia per le piante fornite in zolla che per quelle fornite in contenitore, si dovrà porre particolare attenzione al fine di non rompere la zolla e di mantenerla sufficientemente umida e aderente alle radici.

Dopo il riempimento della buca, è importante compattare e livellare il terreno e subito irrigare, al fine di facilitarne l'ulteriore assestamento e la sua più completa adesione alle radici e alla zolla, nonché la ripresa della pianta.

Nei primi mesi dopo la messa a dimora delle piante, sarà necessario effettuare frequenti interventi di irrigazione, in funzione dell'epoca, dell'andamento pluviometrico, del tipo di terreno e della specie, e comunque secondo le norme di buona pratica agronomica e in accordo con la Direzione Lavori.

Al fine di aumentare l'efficienza delle irrigazioni e di meglio trattenere l'acqua piovana, è importante creare, alla base del tronco, una conca di irrigazione. In funzione del tipo di progetto e/o su indicazione della Direzione Lavori, può essere opportuno prevedere l'interramento di un tubo ad anello intorno all'apparato radicale (a opportuna distanza), con una estremità sporgente dal terreno in modo da agevolare l'operazione di irrigazione da parte del personale addetto.

Su eventuale indicazione della Direzione Lavori, l'Appaltatore è tenuto a procedere ad interventi di potatura "pre-impianto" della chioma. La potatura ha lo scopo di eliminare eventuali rami secchi e spezzati oppure di facilitare l'attecchimento della pianta riducendone la chioma.

Sempre su eventuale indicazione della Direzione Lavori, l'Appaltatore è tenuto a procedere ad interventi di fertilizzazione localizzata, ponendo particolare attenzione a non far venire a contatto il fertilizzante con le radici.

Si dovrà porre attenzione affinché le piante messe a dimora, una volta che il terreno si sarà assestato, non presentino radici scoperte o eccessivo interrimento (oltre la quota del colletto).

Gli alberi e gli arbusti delle specie a foglia caduca forniti in zolla o in contenitore possono essere messi a dimora in qualsiasi periodo dell'anno, mentre quelli forniti a radice nuda andranno piantati durante il periodo di riposo vegetativo (dal tardo autunno all'inizio primavera). Gli alberi e gli arbusti delle specie sempreverdi (forniti esclusivamente in zolla o contenitore) possono essere messi a dimora in qualsiasi periodo dell'anno, tranne nel periodo dei ricacci. E comunque buona norma evitare la messa a dimora delle essenze vegetali durante i mesi più caldi (luglio e agosto) e prevedere delle "cure particolari" per quelle messe a dimora a stagione avanzata. Infine, e da evitare, in ogni caso, la messa a dimora delle piante in periodi di gelo e neve e in presenza di suolo impregnato d'acqua.

Successivamente alla prima irrigazione, l'Appaltatore avrà cura, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, di distribuire ai piedi degli alberi uno strato di materiale pacciamante dello spessore di circa 7-10 cm, allo scopo di ridurre l'evaporazione e di evitare lo sviluppo di vegetazione infestante. La pacciamatura dovrà essere mantenuta per le successive due stagioni vegetative.

Nel caso di messa a dimora di alberi e grandi arbusti, questi dovranno essere opportunamente ancorati al suolo.

L'Appaltatore rimane comunque responsabile degli eventuali danni causati da animali domestici e selvatici e dal passaggio di persone o automezzi. In tal senso dovrà, a sua cura e spese, provvedere all'esecuzione di tutti gli interventi che si rendessero necessari al fine di salvaguardare la vegetazione messa a dimora fino alla consegna. In particolare, nelle situazioni in cui è previsto il parcheggio di autoveicoli in prossimità delle piante messe a dimora, l'Appaltatore è tenuto a verificare con la Direzione Lavori l'opportunità di predisporre idonee protezioni (in legno, metallo o altro materiale) intorno al tronco delle piante stesse.

10.10.6 Messa a dimora e semina di piante erbacee

Per la messa a dimora di singole piantine, l'Appaltatore potrà realizzare le buche al momento dell'impianto, tenendo conto delle dimensioni del pane di terra con cui vengono fornite. Nel caso venissero fornite in contenitore biodegradabile, potranno essere messe a dimora con lo stesso.

Le buche andranno riempite con terra di coltivo che successivamente verrà pressata adeguatamente. Infine, se previsto dal progetto, verrà realizzato uno strato pacciamante.

Per quanto riguarda la semina di piante erbacee, si dovrà utilizzare semente rispondente ai requisiti di del presente Capitolato speciale.

Sia per la messa a dimora che per la semina di piante erbacee, l'Appaltatore è tenuto al pieno rispetto di tutte le indicazioni (specie da utilizzare, epoca di impianto/semina, profondità della buca/di semina, quantità di seme, concimazioni ecc.) contenuto nel progetto.

Qualora queste siano troppo generiche, l'Appaltatore è tenuto a prendere i necessari accordi con la Direzione Lavori.

10.10.7 Formazione del Prato

Con la formazione del prato, l'Appaltatore si assume l'onere di eseguire tutte le operazioni necessarie alla creazione del tappeto erboso: preparazione del terreno, concimazione, semina, irrigazione, controllo delle infestanti.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 66 di 105

L'Appaltatore, in accordo con la Direzione Lavori, è tenuto ad effettuare la semina del prato solo successivamente alla piantagione delle essenze arboree ed arbustive previste in progetto, nonché dopo la realizzazione degli impianti e delle attrezzature previste.

Oltre alla lavorazione generale del terreno, prima della semina del prato l'Appaltatore è tenuto ad effettuare, in accordo con la Direzione Lavori, tutte le lavorazioni del terreno (fresatura, rullatura ecc.) che si rendano necessarie in funzione della natura del suolo, al fine di ottenere un buon letto di semina. Allo stesso scopo dovrà porre particolare attenzione ad eliminare tutti i materiali estranei presenti nel terreno che possano influire negativamente con la buona riuscita del prato. Contemporaneamente a tali lavorazioni, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche del terreno e del periodo della lavorazione, nonché in accordo con la Direzione Lavori, sarà possibile provvedere ad una concimazione del terreno con opportuni elementi fertilizzanti.

Sarà inoltre cura dell'Appaltatore, durante tali lavorazioni, provvedere a fornire al terreno l'opportuna sistemazione, in funzione del tipo di suolo, al fine di rendere efficiente lo smaltimento dell'acqua meteorica in eccesso.

L'epoca della semina, salvo diversa indicazione della Direzione Lavori, sarà l'inizio della primavera o l'inizio dell'autunno. Andranno comunque evitati sia i periodi eccessivamente caldi sia quelli troppo piovosi.

La semina sarà effettuata con le attrezzature più idonee, in funzione della tecnologia disponibile e della dimensione dell'area da seminare. La semina con macchine seminatrici dovrà essere effettuata alla profondità più idonea in relazione al miscuglio (di norma 1,5 - 2,5 cm). La semina manuale (da eseguirsi solo in presenza di piccole superfici) dovrà essere effettuata con la tecnica più idonea ad ottenere una buona uniformità. La composizione del miscuglio e le dosi di seme impiegati dovranno essere quelle precisate in progetto e dovranno essere comunque preventivamente accettate dalla Direzione Lavori.

L'Appaltatore dovrà provvedere a delimitare le zone seminate in modo da evitare il passaggio di persone e macchine al fine di non ostacolare la buona riuscita del prato.

10.10.8 Manutenzione delle opere nel periodo di garanzia

Le opere a verde realizzate saranno considerate definitivamente compiute con pieno successo solo al termine del "periodo di garanzia". Tale "periodo di garanzia", misurato a partire dalla fine dei lavori previsti dal progetto, avrà la durata necessaria ad accertare la piena riuscita della realizzazione e l'attecchimento delle essenze vegetali piantate e/o seminate, e comunque non inferiore a ventiquattro mesi. L'Appaltatore si impegna a dare una garanzia di attecchimento del 100% su tutte le piante.

Durante tale "periodo di garanzia", l'Appaltatore è tenuto ad effettuare tutte le operazioni di manutenzione utili per conservare le opere a verde nello stato migliore, in particolare:

nel caso di alberi o arbusti, sarà necessario verificare che le piante siano sane e in buono stato vegetativo, trascorsi 90 giorni dalla ripresa vegetativa nell'anno seguente la piantagione (per le piante fornite a radice nuda) o due anni dopo l'impianto (per le piante fornite in zolla);

nel caso del prato, bisognerà attendere il primo taglio dell'erba;

nel caso di piante erbacee, l'attecchimento si riterrà avvenuto quando tutta la superficie oggetto di intervento risulterà coperta in modo omogeneo alla germinazione della specie botanica seminata.

La fine del periodo di garanzia verrà certificato dalla Direzione Lavori con un apposito verbale.

Nel caso fossero richiesti interventi di potatura, l'Appaltatore dovrà porre particolare cura affinché l'operazione venga eseguita da personale esperto e nel rispetto delle caratteristiche delle singole piante. Salvo diversa specifica disposizione da parte della Direzione Lavori, l'Appaltatore è tenuto al rispetto delle seguenti indicazioni:

- non effettuare tagli "a filo tronco", ma rispettare la zona del "collare" alla base del ramo;
- eseguire i tagli sui rami di piccolo diametro (massimo 7-8 cm);
- mantenere una copertura di almeno il 50% dei rami, distribuita in modo regolare;
- non eliminare più del 30% delle gemme;
- effettuare tagli inclinati rispetto al piano orizzontale.

PRESCRIZIONI TECNICHE PER IL RESTAURO DEI MANUFATTI

11 PARTE PRIMA - QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI E DEI COMPONENTI

11.1 Materiali per la pulizia di manufatti lapidei - Generalità

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 67 di 105

La pulitura di una superficie di un manufatto, soprattutto se di valore storico-architettonico, dovrà prefiggersi lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patogene, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico e cromatico post-intervento non dovrà incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non dovrà essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Saranno, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causerà sempre una, seppur minima, azione lesiva sul materiale, sarà opportuno ben calibrare l'utilizzo dei singoli prodotti (raccomandazioni NorMaL) che dovranno essere messi in opera puntualmente (mai generalizzandone l'applicazione) e gradualmente, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore potrà verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, definire quando l'intervento dovrà interrompersi.

All'Appaltatore sarà fatto divieto impiegare prodotti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto. Ogni prodotto potrà essere messo in opera previa esecuzione di idonei test-campione eseguiti in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

I prodotti di seguito elencati, (forniti nei contenitori originali e sigillati) saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero, richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova si farà riferimento alle norme UNI vigenti.

11.2 Acqua per lavori di puliture

Per la pulitura di manufatti, dovrà essere utilizzata, in generale acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2%. Dovranno essere utilizzate: in presenza di calcari teneri acque più dure, acque a grana fine dove si risconteranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO₃H) e basiche (RNH₃OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili, nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di quel tipo, operando preferibilmente per via fisica.

La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine a scambio ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro.

11.3 Spugne per puliture a secco

Queste spugne specifiche per la pulitura a secco di superfici delicate (affreschi, superfici decorate con graffiti) costituite da una massa di consistenza più o meno morbida e spugnosa (secondo del tipo prescelto), normalmente di colore giallo chiaro, supportata da una base rigida di colore blu. La massa spugnosa dovrà, necessariamente essere esente da ogni tipo di sostanza dannosa, presentare un pH neutro e contenere saktis (sorta di linosina), lattice sintetico, olio minerale, prodotti chimici vulcanizzati e gelificanti legati chimicamente. L'utilizzo di queste spugne consentirà di asportare, oltre ai normali depositi di polvere, il nero di fumo causato da candele d'altari e da incensi mentre non saranno adatte per rimuovere un tipo di sporco persistente (ad es., croste nere) e sostanze penetrate troppo in profondità.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.4 Carta giapponese

Carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte serviranno da filtro per operazioni di puliture su superfici delicate o in avanzato stato di degrado, inoltre si rileveranno utili per velature ovvero per operazioni di preconsolidamento.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.5 Prodotti chimici

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 68 di 105

A causa della dannosità e della difficoltà di controllo dell'azione corrosiva innescata dai reagenti chimici dovrà essere cura dell'appaltatore operare con la massima attenzione e cautela, nel pieno rispetto di leggi e regolamenti; l'uso di suddetti prodotti dovrà, pertanto, obbligatoriamente, essere prescritto da specifica autorizzazione della D.L. e circoscritto a quelle zone dove altri tipi di prodotti (ossia di procedure di pulitura) meno aggressivi non siano stati in grado di rimuovere l'agente patogeno.

Se non diversamente specificato, sarà cura dell'appaltatore utilizzare formulati in pasta resi tixotropici da inerti di vario tipo (quali carbossimetilcellulosa, polpa di carta, argille assorbenti, od altro materiale) che dovranno essere convenientemente diluiti, con i quantitativi d'acqua prescritti dalla D.L.

11.6 EDTA bisodico

Sale bisodico chelante si presenta come polvere bianca inodore a pH debolmente acido (pH @ 5) utilizzato per la pulitura di croste nere; particolarmente efficace per le patine a base di solfato, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legati alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali. Fondamentalmente è un agente sequestrante ha la proprietà di formare con gli ioni dei metalli, composti di coordinazione molto solubili e stabili, mascherandone la presenza in soluzione. I principali metalli che potrà "captare" sono, in ordine di affinità, i seguenti: calcio, potassio, sodio, cromo, nichel, rame, piombo, zinco, cobalto, manganese, magnesio.

11.7 EDTA tetrasodico

Come l'EDTA Bisodico ma meno solubile in acqua e con pH basico (pH @ 11) si rileva più efficace per le patine a base di ossalato (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie) che si concretizzano in patine di vario colore (giallo, rosa, bruno).

11.8 Acido citrico

Sale ad azione chelante (più debole dell'EDTA) da utilizzare come sale triammonico per la pulizia di affreschi e superfici policrome.

11.9 Carbossimetilcellulosa

Solubile in acqua ed in soluzioni alcaline permette di ottenere liquidi molto viscosi dotati di proprietà addensanti, emulsionanti, detergenti e stabilizzanti. Il miglior modo per preparare una soluzione di carbossimetilcellulosa è quello di versarla lentamente in acqua calda sotto agitazione veloce. La viscosità diminuisce con il riscaldamento per tornare al valore iniziale con il raffreddamento.

11.10 Acido poliaccrilico

Polimero acrilico per la preparazione di sistemi solvent-gel acquosi ad alta viscosità per la pulitura controllata di strati policromi. I polimeri reticolari dell'acido acrilico ad alto peso molecolare sono usati come agenti addensanti, sospendenti e stabilizzanti. Presenteranno una elevata versatilità di impiego e si rilevano ottimi prodotti per preparazione di gel trasparenti, alcolici e non, con viscosità media o altissima.

11.11 Ammina di cocco

Ammina di cocco etossilata per la preparazione di sistemi solvent-gel per la pulitura controllata di strati policromi. Questo prodotto verrà utilizzato nella preparazione del solvent-gel per la proprietà che possiede di neutralizzare la funzione acida dell'acido poliaccrilico e, contemporaneamente, di conferire all'addensante anche blande proprietà tensioattive. Dovranno, in ogni caso, essere aggiunte in quantità tale da salificare solo parzialmente l'acido, così da provocarne semplicemente la distensione e da permettere l'addensamento della soluzione.

11.12 Ammoniaca

Gas di odore irritante che liquefa a $-33\text{ }^{\circ}\text{C}$, normalmente commercializzato in soluzioni acquose. L'ammoniaca veicolata con compresse imbevute, stesa a tampone o a pennello potrà essere utilizzata miscelata con acqua o con acqua,

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 69 di 105

acetone ed alcool per la rimozione di sostanze soprammesse di varia natura quali olii, vernici, cere, ridipinture ecc. su strutture in pietra quali marmo, brecce, arenarie, calcari duri e teneri, travertino e tufo.

11.13 Enzimi

Composti organici proteici di origine naturale in grado di promuovere reazioni che, in loro assenza, risulterebbero trascurabili. In pratica si tratta di molecole particolarmente selettive nei confronti di un determinato substrato, possono rappresentare una valida alternativa all'utilizzo di acidi e basi per l'asportazione idrolitica di sostanze filmogene invecchiate quali ridipinture o patinature proteiche, grasse o polisaccaridiche. Una delle caratteristiche principali degli enzimi risiede nell'elevata specificità per il substrato (fondamentale nel restauro di superfici policrome) ovvero un enzima che agisce, in un data reazione, su un determinato fondo, non sarà in grado di catalizzare nessuna altra reazione chimica vale a dire che non potrà modificare una sostanza diversa dal substrato, di conseguenza, l'operazione di pulitura, non potrà intaccare le parti del dipinto non interessate dalla pulitura. La seconda caratteristica esclusiva degli enzimi, è l'alta attività catalitica, ossia limitate molecole enzimatiche sono in grado di operare su quantità di substrato molto maggiori di quelle trasformabili da qualunque altra sostanza, senza perdere l'efficacia. Gli enzimi principalmente utilizzati sono:

le proteasi capaci di scindere le molecole proteiche idrolizzando i legami peptidici, si rileverà efficace per la rimozione di macchie dovute a colle e gelatine animali, albumine, casine e uovo. Si potrà trovare nelle versioni stabilizzato, con pH acido (pH @ 5) o con pH alcalino (pH @ 8,4) per la rimozione controllata di sostanze proteiche anche su supporti delicati come gli affreschi;

le lipasi (pH @ 8,4) in grado di sciogliere i grassi catalizzando l'idrolisi dei trigliceridi, si rileverà efficace per la rimozione di sostanze grasse, pellicole a base di olii essiccativi, vernici oleoresinose, cere e resine sintetiche come esteri acrilici e vinilici;

le amilasi (pH @ 7,2) idrolizzano i legami glucosidici di polisaccaridi quali amido, cellulosa, gomme vegetali; saliva artificiale prodotto a base di mucina per la pulitura pittorica superficiale, particolarmente efficace se impiegata come lavaggio intermedio dopo la pulitura con enzimi o con saponi resinosi.

11.14 Formulati

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) potrà essere utilizzato un preparato così formulato:

1000 cc di acqua deionizzata;
50 g di carbosilmetilcellulosa (per dare consistenza tixotropica all'impasto);
30 g di bicarbonato di sodio (NaHCO₃);
50-100 g di EDTA (bisodico).

In alternativa AB 57; formulato messo a punto dall'ICR, dovrà presentare, preferibilmente, un PH intorno a 7,5 (sarà comunque sufficiente che il pH non superi il valore 8 così da eludere fenomeni di corrosione dei calcari e la eventuale formazione di sotto prodotti dannosi). Sarà composto da:

1000 cc. di acqua;
30 g di bicarbonato d'ammonio(Na.HCO₃);
50 g di bicarbonato di sodio(NaHCO₃);
25 g di EDTA (bisodico);
10 cc. di desogen (sale d'ammonio quaternario, tensioattivo, fungicida);
60 g di carbosilmetilcellulosa.

La quantità di EDTA potrà essere variata e portata, se ritenuto necessario, a 100-125 g.

Alla miscela potranno essere aggiunte ammoniacca (NH₄OH) o trietanolammina (C₂H₅OH)₃N allo scopo di facilitare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nell'agente patogeno.

Dietro specifica indicazione della D.L. l'appaltatore potrà, inoltre, impiegare acido cloridrico per l'asportazione di solfato di calcio (rapporto con acqua 1/500); acido fosforico, fluoruri, fosfati e citrati per rimuovere macchie di ruggine su pietre silicee; soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6) per rimuovere macchie di ruggine su pietre calcaree.

11.15 Carbonato e Bicarbonato di Ammonio

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 70 di 105

Sali solubili in acqua, utilizzati in percentuali che potranno variare dal 5% al 100%. Detti prodotti, potranno essere utilizzati singolarmente o in composti (ad es., in combinazione con resine a scambio ionico). Sia il carbonato che il bicarbonato di ammonio presenteranno la capacità di decomporsi spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il Carbonato che per il Bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in Solfato di Ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del Bicarbonato d'Ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 dal presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.16 Tensioattivi e Detergenti

Prodotti composti da molecole contenenti un piccolo gruppo polare idrofilo ed una più lunga catena liofila; queste molecole si orienteranno in modo da avere il primo gruppo (quello polare) immerso in acqua e la parte apolare nello strato di sporco. I tensioattivi saranno utilizzati allo scopo di diminuire la tensione superficiale dell'acqua così da aumentarne la "bagnabilità" e, di conseguenza, l'azione pulente. Essi, contrariamente da altre sostanze solubili in acqua, non si distribuiscono con uniformità nella massa ma si raggruppano selettivamente in maniera ordinata alla superficie della soluzione per tanto non richiedono, per essere efficienti, di una grande solubilità in acqua né di raggiungere un'alta concentrazione in tutto il volume.

Il detergente dovrà rispondere a svariate proprietà tra le quali:

- potere bagnante ovvero capacità di ridurre la tensione superficiale dell'acqua, facilitandone la penetrazione;
- potere dissolvente organico ovvero capacità di solubilizzare sostanze organiche (oli, grassi, proteine);
- potere disperdente ovvero capacità di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati;
- potere emulsionante ovvero capacità di emulsionare grassi ed oli;
- potere sequestrante e chelante ovvero capacità di legarsi ai sali di calcio e di magnesio per convertirli in sostanze solubili;
- potere tampone ovvero capacità di mantenere invariato il pH;
- potere battericida ovvero capacità di distruggere i microrganismi;
- potere sciacquante ovvero capacità di un detergente di essere asportato insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo.

La sequenza di queste particolarità individuerà anche le fasi in cui si svilupperà l'azione detergente.

L'uso di tali prodotti dovrà essere autorizzato dalla D.L. I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.17 Resine a scambio ionico

Le resine a scambio ionico sono copolimeri stirene funzionanti con gruppi acidi (resine a scambio cationico) o basici (resine a scambio anionico) in grado di "agganciare" le sostanze ioniche presenti nel substrato a cui vengono applicati.

Le resine a scambio cationico (descialbante) funzioneranno come agenti di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree di neoformazione "sequestrando" ioni Calcio al supporto cui verrà applicata in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura.

Le resine a scambio anionico (desolfatante) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati su superfici lapidee e affreschi, l'Idrossido di Calcio che viene prodotto da questa reazione reagirà spontaneamente con l'anidride carbonica atmosferica convertendosi in Carbonato di Calcio con conseguente ricomposizione della tessitura carbonatica del substrato e azione consolidante riaggregante.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 71 di 105

Questi pulitori saranno applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata o distillata in rapporto variabile a secondo sia del prodotto utilizzato sia della consistenza finale (più pastosa da applicare a spatola ovvero più liquida da applicare a pennello) descritta negli elaborati di progetto. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della D.L.

I criteri d'accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.18 Addensanti e Supportanti

Questi prodotti garantiscono la gelificazione del solvente in modo da mantenerlo localizzato sulla superficie del manufatto policromo. In questo modo rendono l'operazione di pulitura più selettiva, e, allo stesso tempo, impediscono la penetrazione del solvente negli strati sottostanti, in più riducono il processo d'evaporazione, diminuendo l'inalazione del solvente da parte dell'operatore. In linea generale gli addensanti dovranno essere lavorati ed applicati a pennello per tempi variabili secondo il caso e rimossi a secco o a tampone leggermente imbevuto di solvente senza lasciare residui dannosi per l'opera. La densità del gel finale sarà controllata dall'operatore a seconda delle esigenze specifiche.

I supportanti fondamentalmente si dividono in due categorie: addensanti cellulósici e solvent-gel. La scelta di gelificare un solvente con un addensante cellulósico anziché per mezzo di solvent-gel potrà discendere da molteplici fattori come ad esempio, l'eventuale presenza di materiali particolarmente sensibili all'acqua renderà gli addensanti cellulósici preferibili ai solvent-gel che, al contrario, risulteranno più idonei (grazie all'azione blandamente tensioattiva) per procedure di pulitura più generiche di superfici pittoriche e non.

11.19 Addensanti cellulósici

Supportanti inerti cellulósici agiscono per rigonfiamento diretto della struttura cellulósica da parte del solvente puro o di loro miscele. La metilcellulosa si rileva più adatta per gelificare solventi polari (acqua, alcool ecc.) o miscele di questi, da utilizzarsi in concentrazione dal 2 al 4% p/v. L'etilcellulosa si rileva, invece, più adatta per solventi a polarità medio bassa (clorurati, chetoni, esteri ecc.) o apolari; la percentuale di utilizzo va da il 6% al 10% (p/v) a seconda dei casi.

11.20 Idrossi metil-propil cellulosa

Supportante cellulósico di enzimi o gelificazioni di solventi. Agisce da tensioattivo, diminuendo la tensione superficiale dell'acqua ovvero del solvente organico, amplificando il potere bagnante della soluzione e diminuendo il potere penetrante in un corpo poroso o la capacità di risalita capillare. Proprietà: modifica la viscosità di soluzioni, emulsioni e dispersioni acquose ed organiche dando vita a films elastici termoplastici, non appiccicosi, poco sensibili all'umidità da utilizzare per la pulitura di superfici policrome.

11.21 Solvent-gel

Sono costituiti da acido poliacrilico e ammina di cocco (art. 15.4 "Prodotti chimici"). L'aggiunta del solvente scelto e di poche gocce d'acqua provocano il rigonfiamento del sistema e la formazione del gel.

11.22 Polpa di cellulosa

La polpa di carta ovvero sia la pasta di cellulosa dovrà presentare un colore bianco, dovrà essere deresinata e ottenuta da cellulose naturali. Le fibre dovranno presentare un'elevata superficie specifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico, una buona capacità di trattenere i liquidi e dimostrarsi insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di cellulosa dovrà essere in grado di trattenere circa 3-4 litri di acqua; minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000 m) maggiore sarà la quantità di acqua in grado di trattenere.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 72 di 105

I criteri di accettazione dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.23 Argille assorbenti

La sepiolite, ovvero silicato idrato di magnesio, appartiene al gruppo strutturale della paligorskite, dovrà risultare capace di impregnarsi di oli e grassi senza operare azioni aggressive sulla superficie oggetto di intervento. La granulometria dell'argilla dovrà essere di almeno 100-220 Mesh, dovrà, altrettanto, essere in grado di assorbire una grande quantità di liquidi (110-130%) in rapporto al suo peso (un chilogrammo di sepiolite dovrà risultare capace di assorbire 1,5 kg d'acqua senza aumentare di volume). Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

I suddetti prodotti dovranno essere preparati diluendoli esclusivamente con acqua distillata o deionizzata fino a raggiungere un "fango" a consistenza pastosa (con notevoli caratteristiche tixotropiche) in modo da consentirne la lavorazione in spessori di 2-3 cm.

I criteri di accettazione saranno quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'art. 15 del presente Capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.24 Impacchi biologici

Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all'esterno, su quali non sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti, contenenti prodotti a base ureica così composti:

- 1000 cc di acqua;
- 50 g di urea $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$;
- 20 cc di glicerina $(\text{CH}_2\text{OH})_2\text{CHOH}$.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall'appaltatore sotto il controllo della D.L. in base a precedenti prove e campionature.

11.25 Apparecchiatura Laser

L'apparecchiatura selettiva Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terrecotte ed intonaci.

Lo strumento sarà principalmente composto da due elementi: il gruppo laser ed il gruppo di raffreddamento. Il gruppo laser se separato dal gruppo di raffreddamento, dovrà essere allocato in idonea struttura concepita appositamente per le condizioni di cantiere (dotazione di ruote con gomme gonfiabili, anello di sollevamento ecc.).

Il raggio, secondo il tipo di apparecchio, potrà essere condotto sulla superficie da pulire utilizzando un braccio meccanico snodato (dotato, all'interno degli snodi, di una serie di specchi) della lunghezza di circa 2 m terminante con un utensile che l'operatore governa a mano per indirizzare il raggio sulla superficie o un sistema a fibre ottiche che conducono il raggio sino ad una pistola che verrà utilizzata direttamente dall'operatore (la distanza tra apparecchio e superficie dipenderà dalla lunghezza delle fibre ottiche utilizzate, normalmente si aggirerà sui 10-15 m); su questa sorta di pistola dovranno essere posizionati i sistemi di regolazione dell'emissione laser (più precisamente la regolazione dell'emissione di energia, la modulazione della frequenza di emissione graduabile in termini di colpi al secondo, e la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire). L'apparecchio dovrà, in ogni caso, possedere buone doti di maneggevolezza, avere la possibilità di poter utilizzare diverse lunghezze d'onda (oltre alla classica 1064 anche 532, 355, 266 mm), di regolare l'emissione di energia per impulso (di norma variabile da 80 mJ a 900 mJ), la modulazione delle frequenze di emissione degli impulsi (di norma 1/2/5/10/20/50 Hz), la focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Le apparecchiature laser potranno utilizzare essenzialmente due diversi regimi di funzionamento che corrisponderanno a diverse durate temporali di impulso:

- modalità *Q-Switching* ad impulso corto (4-10 ns) atto alla rimozione diretta del deposito;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 73 di 105

– -modalità *Free Running* con impulso lungo (200-1000 ms) con energie incidenti controllate, atte semplicemente a staccare il deposito dal substrato, da rimuovere successivamente con altre tecniche (bisturi).
Apparecchi di nuova generazione o in via di sperimentazione si collocano in una regione di durata di impulso intermedia ovvero *short free running*.

11.26 Biocidi

Prodotti da utilizzarsi per l'eliminazione di muschi e licheni. I suddetti prodotti dovranno, necessariamente, essere utilizzati con molta attenzione e cautela, dietro specifica indicazione della D.L. e solo dopo aver eseguito accurate indagini sulla natura del terreno e sul tipo di azione da svolgere oltre naturalmente all'adozione di tutte le misure di sicurezza e protezione degli operatori preposti all'applicazione del prodotto. Questi prodotti potranno presentare, a seconda dei casi e delle indicazioni di progetto, le seguenti caratteristiche:

- azione selettiva e limitata alla specie da eliminare;
- tossicità limitata verso l'ambiente così da non alterare per tempi prolungati l'equilibrio del terreno interessato dall'azione disinfettante;
- atossicità nei riguardi dell'uomo;
- totale assenza di prodotti o componenti in grado di danneggiare l'organismo murario ovvero le porzioni intonacate;
- limitata durata dell'attività chimica;
- totale assenza di fenomeni inquinanti nei confronti delle acque superficiali e profonde.

Per indicazioni inerenti la scelta dei metodi di controllo del biodeterioramento si rimanda a quanto enunciato nel documento NorMaL 30/89, mentre per ulteriori informazioni sulla caratterizzazione, sull'efficacia e sul trattamento dei biocidi si rimanda a quanto enunciato nei documenti NorMaL 35/91, 38/93, 37/92.

11.27 Alghicidi, battericidi, fungicidi

11.27.1 Composti inorganici

1) *Perossido di idrogeno* (acqua ossigenata) utilizzato a 120 volumi risulterà adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; potrà essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agirà esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non durerà nel tempo.

2) *Ipcloclorito di sodio* (varechina) utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina potrà essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non verrà interamente estratta dal materiale lapideo ne potrà determinare l'ingiallimento.

11.27.2 Composti organici

Formalina soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi licheni e batteri.

11.27.3 Composti fenolici e derivati

1) *Orto-fenil-fenolo* (OPP) ed i suoi sali sodici (OPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità potrà ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulterà preferibile poiché presenterà una minore interazione con il supporto.

2) *Di-clorofene* prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molo bassa, non presenterà interazioni con il supporto anche se organico.

3) *Penta-clorofenolo* (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto potrà determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

11.27.4 Composti dell'ammonio quaternario

Derivati dell'ammonio quaternario (come il Benzetonio cloruro) da utilizzare in soluzione dal 2-4% in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulterà, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 74 di 105

disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. La sua azione risulterà energica ma non protratta nel tempo, in quanto non sarà in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee.

11.28 Erbicidi

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che interverranno sulla fotosintesi, tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

- 1) *Solfato di ammonio* prodotto da impiegare per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.
- 2) *Fluometuron* da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.
- 3) *Simazina* prodotto antigermitivo di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi presenta una azione preventiva per circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.
- 4) *Picloram* erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifiche indicazioni della D.L. e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.
- 5) *Gliofosato* diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

Tabella 14.1 Tabella riassuntiva dei biocidi e dei loro campi di applicazione

Biocidi	Alghe	Licheni	Funghi	Batteri	Piante
Perossido di idrogeno 120 vol.	+++	++	-	++	-
Benzetonio cloruro	+++	++	-	++	-
Di-clorofene	+++	++	+	-	-
Penta-clorofenolo	+++	-	++	++	-
Formalina	+++	+++	++	+++	+
Fluometuron	+++	++	++	-	-
Simazina	-	++	+++	-	+++
Gliofosato	-	+++	-	-	+++

I criteri d'accettazione dei biocidi dovranno essere quelli enunciati nell'ultimo capoverso dell'articolo 15 del presente capo, inoltre, la fornitura dovrà essere accompagnata da apposito foglio informativo che segnali il nome del fornitore e la rispondenza alle caratteristiche richieste.

11.29 Materiali impregnanti – Generalità

La procedura di impregnazione dei materiali costituenti le superfici esterne degli elementi da restaurare sarà rivolta a tutelare le strutture architettoniche (ovvero archeologiche) da attacchi di agenti patogeni siano essi di natura fisica (che si otterrà mediante il consolidamento dei supporti al fine di accrescere o fornire quelle capacità meccaniche di resistenza al degrado che non hanno mai posseduto o che, col trascorrere del tempo, si sono indebolite) che chimica (che si effettuerà mediante idrofobizzazione dei supporti in modo da renderli adatti a limitare l'assorbimento delle acque meteoriche). I "prodotti" da utilizzarsi per l'impregnazione dei manufatti potranno essere utilizzati quali pre-consolidanti, consolidanti e protettivi. All'appaltatore sarà, vietato utilizzare prodotti impregnanti senza la preventiva autorizzazione della D.L. e degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto, nonché fare uso generalizzato delle suddette sostanze. Ogni prodotto potrà essere utilizzato previa esecuzione di idonee prove applicative eseguite in presenza della D.L. e dietro sua specifica indicazione.

La scelta dei suddetti prodotti dovrà riferirsi alla natura e alla consistenza delle superfici che potranno presentarsi. Altri fattori che dovranno influenzare la scelta delle sostanze impregnanti dovranno essere quelli risultati a seguito della campagna diagnostica condotta, necessariamente, dall'appaltatore secondo quanto prescritto dalle raccomandazioni NorMaL e da quanto indicato dalla D.L. Ogni fornitura dovrà, in ogni caso, essere sempre accompagnata da una scheda

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 75 di 105

tecnica esplicativa fornita dalla casa produttrice, quale utile riferimento per le analisi che si andranno ad eseguire. In specifico, le peculiarità richieste, in relazione al loro utilizzo, saranno le seguenti:

atossicità;
 elevata capacità di penetrazione;
 resistenza ai raggi U.V.;
 buona inerzia chimica nei confronti dei più diffusi agenti inquinanti;
 assenza di sottoprodotti di reazione dannosi;
 comprovata inerzia cromatica (comunque da verificarsi in fase applicativa);
 traspirabilità al vapor d'acqua;
 assenza di impatto ambientale;
 sicurezza ecologica;
 soddisfacente compatibilità fisico-chimica con il materiale da impregnare;
 totale reversibilità dalla reazione di indurimento;
 facilità di applicazione;
 solubilizzazione dei leganti.

I prodotti di seguito elencati (forniti nei contenitori originali e sigillati), saranno valutati al momento della fornitura. La D.L. ai fini della loro accettazione, potrà procedere ai controlli (anche parziali) su campioni della fornitura ovvero richiedere un attestato di conformità. Per il campionamento dei prodotti ed i metodi di prova dovrà essere fatto riferimento alle norme UNI vigenti.

11.29.1 Impregnanti per il consolidamento

I prodotti impregnati da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
 resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;
 spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
 capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
 penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
 "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
 perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
 spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto.

I prodotti consolidanti più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali) apparterranno fundamentalmente alla classe dei composti organici, dei composti a base di silicio e dei composti inorganici la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate.

11.29.2 Impregnanti per la protezione e l'impermeabilizzazione

Tali prodotti andranno applicati, solo in caso di effettivo bisogno, su murature e manufatti eccessivamente porosi esposti agli agenti atmosferici, all'aggressione di umidità da condensa, di microrganismi animali e vegetali. Le operazioni andranno svolte su superfici perfettamente asciutte con una temperatura intorno ai 20 °C. Si potranno applicare a pennello, ad airless, per imbibizione completa e percolamento. Gli applicatori dovranno agire con la massima cautela, dotati di adeguata attrezzatura protettiva, nel rispetto delle norme antinfortunistiche e di prevenzione.

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in laboratorio o direttamente in cantiere:

- basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione;
- buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
- buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
- assenza di effetti collaterali e della formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);
- perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
- traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;
- non tossicità.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 76 di 105

I protettivi più efficaci per i materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici e dei composti a base di silicio, la scelta sarà in ragione alle problematiche riscontrate. Sarà sempre opportuno, ad applicazione, avvenuta, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) sulla riuscita dell'intervento onde verificarne l'effettiva efficacia.

12 PARTE SECONDA - NORME PER L'ESECUZIONE DEI LAVORI

12.1 PRECONSOLIDAMENTI

12.1.1 Premessa metodologica

Nel susseguirsi delle procedure operative il preconsolidamento deve essere considerato come l'operazione antecedente la pulitura. Si basa, in pratica, sul ristabilimento preventivo delle proprietà di compattezza di quelle porzioni di materiale disgregato o polverizzato, già visibili in fase di progetto o individuate dopo la prima asportazione di depositi superficiali, che potrebbero essere danneggiate durante i successivi cicli di pulitura. Un'operazione di preconsolidamento potrebbe essere necessaria in presenza di depositi calcarei o patine nerastre tenacemente aderenti ad un concio di pietra molto fragile (frantumato, scagliato, attaccato dalle solfatazioni); in questo caso, prima della pulitura, devono essere eseguiti interventi preliminari di tutela tramite, ad esempio, la messa in opera di "ponti" di collegamento al fine di rendere tali frammenti nuovamente solidali. L'intervento di preconsolidamento ha, normalmente, lo scopo di fornire stabilità provvisoria a supporti particolarmente decoesi sui quali sono necessari interventi successivi di pulitura (anche abbastanza aggressivi) incompatibili con l'attuale stato conservativo, estremamente precario della superficie. Il preconsolidamento deve operare, essenzialmente, come presidio dei frammenti di materiale e allo stesso tempo non deve intervenire sui depositi o patine da asportare. Non di rado per eseguire quest'operazione si utilizzano tecniche e metodi propri del consolidamento anche se nel primo caso la "terapia" è sovente concentrata su zone puntuali di superficie mentre nel consolidamento è lecito procedere anche su zone più ampie di materiale degradato.

12.1.2 Operazioni di preconsolidamento dei materiali lapidei

GENERALITÀ

Le operazioni di preconsolidamento richiederanno maestria di messa in opera e, talvolta, potranno essere ripetute con tempi piuttosto lunghi così da permettere ai collanti utilizzati di fare presa (prima di iniziare i cicli di pulitura) pena la perdita di frammenti e scaglie originali. Questa procedura avrà una funzione esclusivamente preventiva e conservativa; a questo proposito, saranno da preferire adesivi deboli e chimicamente reversibili, ovvero quei prodotti che potranno essere sciolti nuovamente ed asportati facilmente o paste molto magre (rapporto legante inerte molto basso).

Dovrà essere vietato effettuare qualsiasi procedura di preconsolidamento e/o utilizzo di prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni ovvero miscela di due liquidi rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratta di soluzioni cioè scioglimento di un solido in un liquido rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

12.1.2.1 Ponti di malta magra e/o resina

Questo tipo di operazione, che sovente precederà la procedura di stuccatura o sigillatura dei conci di pietra, avrà il compito di "mettere in sicurezza" e rendere solidali tra loro tutte quelle scaglie, frammenti o fratture dei conci lapidei che altrimenti potrebbero distaccarsi o andare perduti durante le operazioni di pulitura. Al fine di sorreggere scaglie lapidee leggere, non più ampie di una mano, si potrà impiegare come collante una malta magra (l'impasto dovrà contenere poca calce, così da essere più facilmente rimosso dopo la pulitura) con rapporto calce inerte 1:4 o 1:5 con granulometria molto fine (carbonato di calcio o polvere di pomice) in piccole porzioni. Queste deboli stucature potranno essere stese con spatole a doppia foglia piatta o con cazzuolini e dovranno essere posizionate, se non diversamente specificato, come ponti di collegamento tra i frammenti in fase di distacco e la massa principale; potrà, inoltre, risultare vantaggioso scegliere una malta che presenti, dopo la presa, un colore in forte contrasto con l'apparecchio limitrofo così da essere ben identificabile come stuccatura provvisoria.

In alternativa si potrà utilizzare il medesimo impasto (sia a base di malta sia a base di resine sintetiche) pensato per le stucature definitive (per maggiori dettagli si rimanda agli articoli specifici riguardanti le stucature e i consolidamenti)

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 77 di 105

ma, in questo caso, l'impasto dovrà essere steso in modo molto puntuale al fine di mettere in opera solo i "ponti di collegamento" che verranno in seguito completati da operazioni successive alla pulitura.

12.1.2.2 Velinatura con garza di cotone o carta giapponese

Questo tipo di intervento, potrà essere utilizzato in presenza di pellicole pittoriche in fase di distacco o elementi lapidei particolarmente esfoliati, erosi o disgregati al fine di preservarli da, se pur lievi, abrasioni causate dall'eventuale passaggio di un pennello per un trattamento preconsolidante, consolidante o dall'azione abrasiva di una pulitura ad acqua. Le scaglie saranno assicurate mediante bendaggi provvisori di sostegno: si procederà in modo progressivo mettendo in opera "fazzoletti" di garza di cotone (comuni compresse di garze sterili), di tela grezza (da scegliere in base alla pesantezza e alle dimensioni del frammento in oggetto) o fogli di carta giapponese di pochi centimetri di lato (da 6 a 12) fermati con resina acrilica in soluzione o in dispersione (per quanto riguarda la soluzione un buon esempio sarà costituito da una resina acrilica tipo *Paraloid* al 20% p/v, in solvente volatile come acetone, così da favorire una rapida presa o sempre al 20% in un diluente nitro; mentre per la dispersione si potrà utilizzare una emulsione acrilica tipo *Primal B60A* al 5% v/v), oppure con una soluzione acquosa al 3% di alcool polivinilico (ad es. *Gelvato*) o acetato di polivinile.

Questa sorta di "filtro", realizzato con fogli di carta giapponese, potrà essere messo in opera anche in presenza di impacchi pulenti (a base di polpa di cellulosa o di argille assorbenti) allorché si operi su strutture particolarmente porose o decoese.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

La carta giapponese è una carta molto leggera a base di fibre di riso, dotata di robustezza disponibile in commercio in diversi spessori e pesi minimo 6 gr/m² massimo 110 gr/m². Queste carte si rilevano utili oltre che per le velinature anche come "filtro" per operazioni di pulitura su superfici delicate o in avanzato stato di degrado.

Alcool polivinilico: Sostanza ad alto peso molecolare, solubile in acqua, alla quale si impartisce forte viscosità e proprietà emulsionanti. Si rileva poco solubile in solventi organici e viene sovente utilizzato in miscele di acqua e alcool etilico denaturato (in soluzioni dal 3 al 10%) nelle operazioni di preconsolidamento per fissaggi di scaglie e/o frammenti oppure per fissaggi mediante velinature con garza di cotone o carta giapponese.

Acetato di polivinile: Resina sintetica termoplastica, preparata per polimerizzazione dell'acetato di vinile, a sua volta ottenuto da acetilene e acido acetico. Utilizzata in soluzione dal 3 al 10% in alcool etilico o isopropilico oppure in miscele a base di acido etilico denaturato e acqua come fissativo di pellicole pittoriche o per eseguire "ponti di cucitura" di frammenti di scaglie decoese. Punto di rammollimento: 155-180 °C; viscosità a 20 °C della soluzione al 20% in estere etilico dell'acido acetico: 180-240 mPas.

12.1.2.3 Nebulizzazione di miscela di silicato di etile

La procedura (simile a quella descritta nell'articolo sul consolidamento mediante silicato di etile) potrà essere utilizzata sia per la riadesione di scaglie e micro frammenti pericolanti sia in presenza di fenomeni di polverizzazione e decoesione della superficie lapidea e, si porrà come obiettivo quello di fissare temporaneamente il materiale. L'operazione consisterà nella nebulizzazione o, preferibilmente, nell'applicazione con pennello a setola naturale morbida di miscela d'esteri dell'acido silicico (silicato di etile) in percentuale variabile in ragione del supporto. In linea di massima potranno essere prese come percentuali di riferimento quelle normalmente utilizzate per il consolidamento per impregnazione abbassandole leggermente (in linea generale si potrà utilizzare una quantità paria a circa 400-500 g/m² per il consolidamento d'apparecchi in cotto, e 200-300 g/m² per superfici intonacate con malta di calce). Su superfici particolarmente decoese o in presenza di scaglie di pellicola pittorica sarà consigliabile interporre tra il pennello e il materiale fazzoletti di carta giapponese così da creare un filtro a protezione dell'azione abrasiva, se pur in minima parte, del pennello.

12.2 PULITURE

12.2.1 Premessa metodologica

La pulitura di una superficie si deve prefiggere lo scopo di rimuovere la presenza di sostanze estranee patologiche, causa di degrado, limitandosi alla loro asportazione. Il lato estetico non deve incidere sul risultato finale, l'intento della pulitura non deve essere quello di rendere "gradevole" l'aspetto della superficie ma, bensì, quello di sanare uno stato di fatto alterato. Si ritengono, perciò, inutili, nonché dannose, puliture insistenti che potrebbero intaccare la pellicola naturale del materiale formatasi nel corso degli anni, puliture mosse, generalmente, dalla volontà di restituire al materiale il suo aspetto originario. Tenendo conto che anche la risoluzione meno aggressiva causa sempre una seppur minima azione

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 78 di 105

lesiva sul materiale, è opportuno che le operazioni siano ben calibrate e graduali, procedendo per fasi progressive su più campioni, in questo modo l'operatore può verificare l'idoneità della tecnica prescelta e, allo stesso tempo, determinare quando l'intervento deve essere interrotto.

I metodi di pulitura sono diversi in relazione al tipo di materiale sul quale s'interviene e alla sostanza che s'intende asportare, per questo motivo, la scelta deve essere fatta basandosi su delle indagini preventive in modo da poter avere un quadro informativo puntuale sia sulla natura dei degni, ed il loro relativo livello d'insistenza, sia sulla consistenza fisico-materica del supporto; in molti casi, infatti, il processo chimico che innesca il degrado è strettamente correlabile alla natura del materiale. Rimuovere le sostanze estranee da un manufatto che presenta un degrado molto avanzato può comportare un aggravarsi dello stato di fatto per cui, prima dei lavori di pulitura, è opportuno intervenire con un preconsolidamento puntuale delle parti precarie così da evitare di danneggiare frammenti decoesi, esfoliati o indeboliti e, allo stesso tempo, di attaccare una superficie instabile con acqua e/o prodotti chimici che potrebbero peggiorare la situazione.

12.2.2 Operazioni di Pulitura materiali lapidei

12.2.2.1 Generalità ed esecuzione di prove di pulitura

Prima di eseguire le operazioni di pulitura è opportuno attenersi a delle specifiche procedure al fine di salvaguardare l'integrità del materiale e, allo stesso tempo, prepararlo in modo da garantire l'efficacia, più o meno incisiva, dell'intervento. Le operazioni preliminari comprendono:

- analisi puntuale e dettagliata della consistenza dei materiali da pulire al fine di avere un quadro esplicativo relativo alla loro natura, compattezza ed inerzia chimica;
- analisi dei prodotti di reazione, così da poter identificare la loro effettiva consistenza, la natura e la reattività chimica;
- preconsolidamento (preferibilmente reversibile) se si riscontra la necessità, del materiale prima di iniziare la pulitura;
- esecuzione delle prove prescelte su campioni di materiale;
- analisi dei risultati ottenuti sulla superficie campione prima di estendere le operazioni di pulitura a tutta la superficie.

Lo scopo che ogni operazione di pulitura, indipendentemente dal sistema prescelto, deve prefiggersi è quello di asportare dalla superficie ogni tipo di deposito incoerente, in particolar modo quelli che possono proseguire il deterioramento del materiale. La facilità o difficoltà dell'asportazione e, di conseguenza, il ricorso a metodologie più o meno aggressive, dipende strettamente dalla natura del deposito stesso:

- depositi incoerenti (particellato atmosferico terroso o carbonioso) che non risultano coesi con il materiale o derivati da reazione chimica, depositati per gravità, o perché veicolati dalle acque meteoriche o di risalita (efflorescenze saline);
- depositi incoerenti (particelle atmosferiche penetrate in profondità, sali veicolati dall'acqua di dilavamento ecc.) che tendono a solidarizzarsi alla superficie del materiale tramite un legame meccanico, non intaccando, però, la natura chimica del materiale;
- strato superficiale derivato dalla combinazione chimica delle sostanze esterne (volatili o solide) con il materiale di finitura; i prodotti di reazione che ne derivano sono, ad esempio, le croste (prodotti gessosi) e la ruggine (ossidi di ferro).

La rimozione dei depositi incoerenti presenti sul materiale che, a differenza delle croste, non intaccano la natura chimica del materiale, potrà essere eseguita ricorrendo a dei sistemi meccanici semplici, facili da applicare come ad esempio: stracci, spazzole di saggina, scope, aspiratori ecc. integrati, dove il caso specifico lo richiede, da bisturi, piccole spatole e lavaggi con acqua; invece nel caso in cui si debbano asportare depositi solidarizzati con il materiale, sarà conveniente ricorrere a dei cicli di pulitura più consistenti come, ad esempio, tecniche di pulitura a base d'acqua, pulitura con impacchi acquosi o con sostanze chimiche, pulitura meccanica, pulitura mediante l'uso di apparecchi aeroabrasivi, sabbiatura controllata ecc.

Ogni qualvolta si utilizzeranno sistemi di pulitura che implicheranno l'uso di considerevoli quantitativi d'acqua (spray di acqua a bassa pressione, idropulitura, acqua nebulizzata, acqua atomizzata ecc.) dovrà essere pianificato in sede di cantiere, prima di procedere con l'intervento, il sistema di raccolta e di convogliamento del liquido e dovrà essere prevista la protezione (mediante l'utilizzo di teli impermeabili) delle parti che, non essendo interessate dall'operazione di pulitura (serramenti, vetri ecc.), potrebbero essere danneggiate durante la procedura.

Ogni procedura di pulitura, in special modo se caratterizzata dall'utilizzo di prodotti specifici anche se prescritti negli elaborati di progetto, dovrà essere preventivamente testata tramite l'esecuzione di campionature eseguite sotto il

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 79 di 105

controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; in ogni etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione (se si tratterà di emulsioni, ovverosia miscele di due liquidi, rapporto volume/volume) o di concentrazione (se si tratterà di soluzioni, cioè scioglimento di un solido in un liquido, rapporto peso/volume) utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

12.2.2.2 Sistemi di pulitura per gli elementi lapidei

I materiali lapidei rientrano nella categoria dei materiali a pasta porosa e come tali risentono particolarmente dell'azione disgregatrice operata dalle condizioni al contorno. La superficie, generalmente lavorata, a contatto con gli agenti atmosferici è sottoposta ad una serie di lente trasformazioni chimiche-fisiche che portano, nel corso degli anni, alla formazione di una patina superficiale, non dannosa, una sorta di protezione naturale che si limita ad alterare solo l'aspetto cromatico del materiale. Attualmente, le sostanze inquinanti presenti nell'atmosfera ostacolano la formazione della patina attaccando direttamente i materiali lapidei favorendone la disgregazione e l'insorgenza di croste nere. L'intervento di pulitura su questo tipo di materiali deve, principalmente, essere indirizzato ad eliminare la presenza di efflorescenze, croste nere, macchie ecc. che provocano il lento deterioramento della materia e, laddove è presente, conservare la patina naturale.

Le croste nere che ricoprono gli elementi lapidei, costituiscono un tipo di degrado che più di altri può alterare lo stato di fatto del materiale; oltre a mascherare le policromie, annullando l'originale gioco di luci e di ombre caratteristico degli apparati decorativi, sono una fonte pericolosa di sali solubili e la loro persistenza fa sì che la superficie sia sempre a contatto con le sostanze inquinanti. La presenza di croste nere può inoltre accentuare l'effetto di variazioni termiche, che accelerano il fenomeno di esfoliazione degli strati superficiali della pietra provocando il distacco di frammenti.

12.2.2.3 Pulitura mediante spray di acqua a bassa pressione

Tecnica particolarmente adatta quando si tratterà di rimuovere polveri e depositi solubili in acqua o non troppo coesi al substrato; indicata soprattutto per asportare depositi superficiali sottili legati con gesso o calcite secondaria, su materiali lapidei di natura calcarea e poco porosi, è sconsigliata in presenza di croste nere di spessore considerevole (1-3 mm) e contenenti percentuali di gesso elevate (tra il 20% e il 30%) poiché i tempi di applicazione troppo lunghi potrebbero recare danni al materiale. La superficie da trattare sarà invasa da getti d'acqua a bassa pressione (2-3 atm) proiettati con l'ausilio di ugelli (simili a quelli comunemente usati negli impianti di irrigazione o in orticoltura) indirettamente dall'alto verso il basso, in modo tale da giungere sul materiale in caduta. Quest'operazione di pulitura, oltre all'azione chimica, svolgerà anche una moderata azione meccanica e dilavante, (dovuta al moderato ruscellamento), grazie alla quale gran parte dei sali solubilizzati potranno essere rimossi. Importante è tenere presente che la quantità d'acqua da impiegare dovrà essere tale da non inumidire troppo la muratura (l'intervento non deve superare i 15-20 minuti consecutivi); inoltre, è consigliabile evitare i cicli di pulitura a base d'acqua nei mesi freddi così da evitare gli inconvenienti connessi sia all'azione del gelo sia alla lenta evaporazione, per questo la temperatura esterna non dovrebbe essere mai sotto i 14 °C. La pulitura dovrà procedere per porzioni limitate di muratura; nel caso questa tecnica sia utilizzata per la pulitura di materiali lapidei porosi si dovrà, necessariamente, ridurre al minimo indispensabile la quantità d'acqua in modo da riuscire ad evitare la movimentazione dei sali presenti all'interno del materiale. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

Specifiche sui materiali: per la pulitura di manufatti, dovrà, preferibilmente, essere utilizzata, acqua assolutamente pura, dolce, priva di sali e calcari, con un pH neutro e una durezza inferiore al 2° (anche se sovente nella pratica si ricorre all'acqua di rubinetto). L'acqua da impiegare dipenderà dalla natura del materiale, di norma in presenza di calcari teneri si useranno acque più dure, acque a grana fine dove si riscontreranno problemi di solubilità di carbonato di calcio mentre, per i graniti e le rocce silicate potrà essere utilizzata acqua distillata ovvero deionizzata ottenuta tramite l'utilizzo di appositi filtri contenenti resine scambiatrici di ioni acide (RSO₃H) e basiche (RNH₃OH) rispettivamente. Il processo di deionizzazione non renderà le acque sterili e nel caso in cui sia richiesta sterilità, potranno essere ottenute acque di questo tipo, operando preferibilmente per via fisica.

12.2.2.4 Pulitura mediante macchina idropulitrice a pressione controllata

L'idropulitura risulterà particolarmente adatta per effettuare lavaggi su delle superfici non di particolare pregio e soprattutto non eccessivamente degradate o porose poiché la pressione del getto (4-6 atm), in questo caso, potrebbe risultare troppo aggressiva e lesiva per il materiale ed implicare, sia l'eventuale distacco di parti deteriorate sia l'asportazione anche di porzioni sane di superficie. La procedura prevederà l'esecuzione del lavaggio con getto di acqua, calda o fredda in riferimento alle indicazioni della D.L., emesso tramite l'ausilio di un ugello erogatore distante

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 80 di 105

dalla superficie in una misura mai inferiore a 5 cm o superiore a 20 cm; si procederà con la pulitura dall'alto verso il basso per delimitate campiture, così da riuscire ad asportare velocemente lo sporco ed evitare la sua eventuale penetrazione (per percolamento) nelle parti inferiori, dopodiché si terminerà con un risciacquo dell'intera superficie. Al termine delle operazioni di lavaggio è opportuno accertarsi che l'intervento non abbia provocato dei danni al materiale (erosioni, abrasioni ecc.) e che non siano presenti polveri trasportate verso il basso dal ruscellamento delle acque di lavaggio. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

12.2.2.5 Pulitura mediante spray d'acqua nebulizzata

Un'alternativa alla pulitura con spray d'acqua deionizzata è la nebulizzazione del liquido tramite ugelli a cono vuoto (dotati di pinze e posizionati a 30-40 cm dalla superficie) caratterizzati da un orificio molto piccolo, (diametro tra 0,41 e 0,76 mm), che permette di invadere la superficie da trattare (obliquamente e quasi senza pressione) con una fitta nebbia di goccioline, del diametro di circa 1/10 mm. Sostanzialmente le precauzioni da prendere saranno le stesse del metodo precedentemente illustrato, questo sistema sarà valido soprattutto per rimuovere incrostazioni costituite da composti parzialmente idrosolubili; l'acqua impiegata potrà essere deionizzata ed additivata con tensioattivi neutri allo scopo di diminuire l'angolo di contatto e, rispetto allo spray d'acqua, presenterà il vantaggio di accentuare l'azione diluente della pulitura chimica proprio grazie all'azione nebulizzante delle goccioline. La nebulizzazione risulterà particolarmente adatta quando si tratterà di pulire pietre carbonatiche non troppo incrostate (meno adatta per pietre quarzo-silicatiche) e per interventi su calcari non troppo porosi, dove le sostanze da rimuovere non siano particolarmente tenaci, contrariamente, in presenza di depositi difficili da rimuovere, si completerà il ciclo di pulitura con impacchi o spazzole di saggina. La pulitura dei materiali porosi con acqua nebulizzata dovrà ridurre i tempi d'irrorazione della superficie (così da evitare l'assorbimento d'acqua in profondità) ripetendo, se necessario, l'intervento più volte. L'applicazione continua della nebulizzazione sulla superficie non dovrà, comunque, mai superare i 15 minuti consecutivi in modo da evitare che le murature s'impregnino eccessivamente (in condizioni "normali" il consumo d'acqua potrà essere valutato in 4 l/h per ugello). Tra i vari cicli di pulitura dovranno intercorrere ampie pause così da consentire al materiale il completo prosciugamento. I tempi d'applicazione saranno comunque in funzione della consistenza dei depositi e della natura del materiale; su calcari teneri l'intervento potrà durare meno rispetto a quello operato su quelli compatti. La pulitura mediante acqua nebulizzata si effettuerà in cantiere ricorrendo a specifica apparecchiatura e dovrà essere applicata, esclusivamente durante la stagione calda, mai con valori minimi della temperatura esterna inferiori a 17 °C. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

12.2.2.6 Pulitura mediante acqua atomizzata

Molto simile alla tecnica della nebulizzazione è la pulitura mediante acqua atomizzata con la differenza che, in questo caso, lo spruzzo d'acqua è costituito da goccioline ancora più piccole. Mediante l'uso d'apposite camere di atomizzazione, infatti, l'acqua si ridurrà in un aerosol costituito da un numero elevato di finissime goccioline che fuoriusciranno da ugelli connessi ai lati delle camere mediante condutture flessibili; in questo modo aumenterà l'azione solvente dell'acqua nei confronti dei sali solubili e dei leganti delle croste nere, mentre diminuirà l'azione meccanica che si limiterà ad un debole ruscellamento sulle superfici sottostanti. Si ricorrerà a questa tecnica ogni qualvolta si dovrà eseguire la pulitura su porzioni particolarmente delicate come: apparati decorativi, fregi, modanature ecc., e/o su superfici particolarmente degradate (decoese). La pulitura mediante l'atomizzazione sarà in grado di asportare dalle superfici lapidee (anche porose) di natura carbonatica, parte dei sali solubili e i depositi polverulenti e/o carboniosi. I tempi di applicazione sono più lunghi di quelli previsti per la nebulizzazione. Considerata la quantità d'acqua impiegata, prima di iniziare le operazioni di pulitura, si dovranno mettere in atto le precauzioni enunciate nell'articolo sulle generalità.

12.2.2.7 Pulitura meccanica (spazzole, bisturi, spatole ecc.)

La pulitura meccanica di superfici lapidee, comprende una serie di strumenti specifici il cui impiego è in stretta relazione al grado di persistenza delle sostanze patogene che si dovranno asportare. Prima di procedere ad illustrare la gamma di utensili disponibili e le relative tecniche, è opportuno precisare che la riuscita delle operazioni di pulitura meccanica, sarà strettamente connessa all'abilità ed alla sensibilità dell'operatore che dovrà prestare particolare attenzione a non arrecare danni irreversibili al materiale (incisioni o segni). La pulitura meccanica consentirà la rimozione di scialbature, depositi ed incrostazioni più o meno aderenti alla superficie; a tal fine si potrà ricorrere a strumenti di vario tipo partendo dai più semplici come: spazzole di saggina o di nylon, bisturi, piccole spatole metalliche, sino ad arrivare ad utilizzare apparecchiature meccanizzate più complesse di tipo dentistico che, alimentate da un motore elettrico o pneumatico,

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 81 di 105

consentiranno la rotazione di un utensile come ad esempio: microspazzolini in fibre vegetali o nylon (per asportare depositi più o meno aderenti), microfresse (atte all'asportazione di incrostazioni dure e di modeste dimensioni), micromole in gomma abrasiva (ovviano l'inconveniente di lasciare tracce da abrasione grazie al supporto relativamente morbido), microscalpelli su cui si monteranno punte in vidia di circa 5 mm di diametro (adatti per la rimozione di depositi calcarei), vibroincisori, apparecchi che montano punte a scalpello o piatte con diametro di circa 2-3 mm (eliminano incrostazioni molto dure e coese come scialbi, stuccature cementizie ecc.). La carta abrasiva fine (400-600 Mesh) o la pomice potranno essere impiegate in presenza di superfici piane o poco irregolari, anche se la bassa velocità di avanzamento che caratterizza questo sistema, implicherà tempi di lavoro troppo lunghi e, per questo, potrà essere applicato solo su porzioni limitate di materiale. In presenza di stuccature cementizie, o in casi analoghi, si potrà procedere alla loro asportazione ricorrendo all'uso di un mazzuolo e di uno scalpello (unghietto); considerato l'impatto che potrà avere l'intervento sul materiale, si consiglia di effettuare l'operazione in maniera graduale in modo da poter avere sempre sotto controllo l'intervento.

AVVERTENZE

Questo tipo di pulitura potrà produrre variazioni morfologiche superficiali in funzione della destrezza dell'operatore e delle condizioni conservative della superficie, mentre saranno assenti variazioni del colore delle superfici trattate da tale procedura.

12.2.2.8 Pulitura mediante impacchi

Le argille assorbenti, come la sepiolite e l'attapulgit, sono dei silicati idrati di magnesio, mentre la polpa di cellulosa è una fibra organica ottenuta da cellulose naturali (disponibile in fibre di lunghezza variabile da 40 a 1000); mescolate insieme all'acqua, questo tipo di sostanze, sono in grado di formare una sorta di fango capace di esercitare, una volta a contatto con le superfici lapidee e opportunamente irrorato con acqua (o con sostanze chimiche), un'azione, di tipo fisico, di assorbimento di liquidi in rapporto al proprio peso. La pulitura mediante impacchi assorbenti risulterà vantaggiosa, oltre che per l'asportazione dei sali solubili, per la rimozione, dalle superfici lapidee, di strati omogenei di composti idrosolubili o poco solubili (come croste nere poco spesse, di circa 1 mm), macchie originate da sostanze di natura organica, strati biologici (batteri, licheni e algali). Gli impacchi, inoltre, sono capaci di ridurre le macchie di ossidi di rame o di ferro. Il vantaggio del loro utilizzo risiede anche nella possibilità di evitare di applicare direttamente sulla superficie sostanze pulenti (in special modo quelle di natura chimica) che, in alcuni casi, potrebbero risultare troppo aggressive per il substrato. La tipologia d'impacco dipenderà dal grado di persistenza e dalla solvenza dello sporco da rimuovere, ma si deve tenere presente che gli impacchi non risulteranno particolarmente adatti per asportare croste spesse e, in caso di materiali porosi e/o poco coesi, sarà opportuno, al fine di non rendere traumatica l'operazione d'asportazione, interporre sulla superficie carta giapponese o *klinex*. Potrà essere conveniente, prima di applicare l'impacco, operare lo "sgrassamento" e la rimozione d'eventuali incrostature superficiali ricorrendo a solventi come acetone, cloruro di metilene ecc. e, dove risulterà possibile, effettuare un lavaggio con acqua (deionizzata o distillata) in modo da asportare i depositi meno coerenti ed ammorbidire gli strati carboniosi più consistenti. In presenza di efflorescenze si dovrà provvedere alla loro asportazione meccanica tramite lavaggio con acqua deionizzata e spazzolino morbido prima di procedere con l'operazione.

In linea generale si deve preferire basse concentrazioni con conseguenti tempi di applicazione più lunghi rispetto ad impacchi con soluzioni elevate con tempi di applicazione brevi.

12.2.2.9 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di acqua (estrazione di sali solubili mediante applicazione di compresse assorbenti)

L'impacco acquoso consisterà nell'applicazione, direttamente sulla superficie, (preventivamente umidificata con acqua distillata o deionizzata) di argille assorbenti (sepiolite o attapulgit con granulometrie comprese tra i 100 e i 200 Mesh) o polpa di cellulosa (fibra lunga 600-1000) previa messa in opera, dove si renderà necessario, di *klinex* o fogli di carta giapponese indispensabili per interventi su superfici porose e/o decoese. La preparazione dell'impacco avverrà manualmente imbevendo con acqua deionizzata o distillata il materiale assorbente fino a che questo non assumerà una consistenza pastosa tale da consentire la sua applicazione, con l'ausilio di spatole, pennelli o, più semplicemente con le stesse mani, in spessori variabili a seconda delle specifiche dettate dalla DL (2-3 cm per le argille, 1 cm per la polpa di cellulosa). La permanenza dell'impacco sulla superficie sarà strettamente relazionata al caso specifico ma soprattutto farà riferimento alle indicazioni, dettate dalla DL, basate su prove preventive effettuate su campioni (circa 10x10 cm). Il tempo di contatto (da pochi minuti a diverse ore) dipenderà dalla concentrazione delle soluzioni impiegate (da 5% a 130%, alle soluzioni sature), dal tipo e dalla consistenza del degrado che dovrà essere rimosso. La plasticità dell'impacco potrà essere migliorata aggiungendo all'acqua e all'argilla quantità variabili di attapulgit micronizzata. Gli impacchi dovranno essere eseguiti con temperature esterne non inferiori a 10 °C; se applicati durante un periodo caldo,

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 82 di 105

o in presenza di vento, al fine di rallentare l'evaporazione del solvente, potranno essere protetti esternamente con strati di cotone o teli di garza imbevuti di acqua demineralizzata, coperti da fogli di polietilene muniti di un'apertura dalla quale verrà garantito l'inumidimento della superficie sottostante. La rimozione della poltiglia potrà essere eseguita quando questa, una volta asciutta, formerà una crosta squamosa ed incoerente tale da distaccarsi dal supporto poiché non più aderente alla superficie. I frammenti di pasta cadranno da soli o potranno essere rimossi con facilità aiutandosi con pennello o spatola. Il supporto dovrà essere lavato con acqua demineralizzata, nebulizzata a bassa pressione in modo da riuscire ad asportare tutto il materiale assorbente aiutandosi, se necessario, anche con spazzole e pennelli di setole di nylon morbide. Sia l'attapulgitte che la sepiolite saranno in grado di assorbire una grande quantità di liquidi in rapporto al loro peso (un chilogrammo di attapulgitte è in grado di assorbire 1,5 kg d'acqua senza rigonfiare); l'attapulgitte riuscirà ad assorbire, oltre l'acqua, anche gli oli. Le argille assorbenti, rispetto alla polpa di cellulosa, presenteranno l'inconveniente di sottrarre troppo rapidamente l'acqua dalle superfici trattate. In presenza di pietre molto porose potrà essere indicato ricorrere alla polpa di cellulosa (più facile da rimuovere rispetto alle argille).

SPECIFICHE SUI MATERIALI

In alternativa all'impasto composto in cantiere potrà essere impiegato un impasto premiscelato denominato *Westox Cocoon* costituito esclusivamente da acqua distillata, fibre di purissima cellulosa di grado A (farmaceutico, non riciclata), proveniente da pasta di pino di prima scelta esente da Arsenico. La pasta (con ph di 8,0-8,5) viene alcalinizzata con Carbonato di Calcio da polvere di marmo, invece che con il normale Bicarbonato di Sodio, onde evitare di introdurre uno ione estraneo alla malta di calce, e modificata con terre silicee assorbenti purissime (farina fossile diatomacea). La pasta dell'impacco *Cocoon* è fornita pronta all'uso, non necessita di nessuna aggiunta né di essere mescolata. Si applica alla superficie (per un minimo di due applicazioni) mediante spatola piatta, cazzuola o a spruzzo per grandi superfici, per uno spessore di circa 10 mm (consumo di circa 10 l/m²), anche da mano d'opera non specializzata. Dopo circa 7-28 giorni dall'applicazione (14 giorni in condizioni climatiche medie, ma anche molto di più) la pasta sarà diventata un cartone contenente i sali e potrà essere distaccata manualmente dal substrato o con l'eventuale aiuto di spatola piatta. Il cartone potrà essere mandato a discarica ordinaria. Così come per l'impacco "tradizionale", la superficie interessata dovrà essere lavata con acqua demineralizzata eventualmente coadiuvata da una leggera spazzolatura manuale eseguita con spazzole morbide.

AVVERTENZE

Il degrado e i danni si presenteranno in proporzione alla quantità percentuale in peso dei sali totali presenti nel muro. Il contenuto salino del muro potrà essere verificato da analisi di laboratorio su campioni secondo la norma UNI 11087 Beni Culturali "Materiali lapidei naturali ed artificiali. Determinazione del contenuto di sali solubili. Specie ioniche". La valutazione dei "sali totali" (ossia la somma delle seguenti specie ioniche: cloruri, solfati, nitrati e Sodio, Potassio, Magnesio, Calcio) mediante conduttività, prevista dalla stessa norma, potrà essere accettata per misure comparative a discrezione del Direttore dei Lavori.

In linea generale un muro potrà essere classificato secondo il grado di contaminazione in:

- pulito quando contiene meno dello 0,20% di sali totali al suo interno;
- poco contaminato quando contiene dallo 0,30% allo 0,50% (con questo contenuto salino vi sono pochi danni);
- mediamente contaminato dallo 0,60% all'1,50%;
- molto contaminato dall'1,60% al 3,00% di sali;
- gravemente contaminato oltre il 3,00% di contenuto salino.

L'abbassamento del contenuto salino totale del muro sotto allo 0,20% garantisce che il muro è sano, e rimarrà tale se non entrano nuovi sali. Essendo ogni situazione di cantiere diversa, il numero di applicazioni necessario per raggiungere, nel caso particolare, la soglia ideale dovrà essere valutata singolarmente; in ogni caso, se non diversamente specificato negli elaborati di progetto, si eseguiranno un minimo di due cicli di impacco intervallati da almeno 14 giorni.

12.2.2.10 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di sostanze chimiche

In presenza di sostanze patogene particolarmente persistenti (croste poco solubili) gli impacchi potranno essere additivati con dosi limitate di sostanze chimiche, in questo caso l'operazione dovrà essere portata a compimento da personale esperto che prima di estendere il procedimento a tutte le zone che necessiteranno dell'intervento, eseguirà delle limitate tassellature di prova utili a definire, con esattezza, i tempi di applicazione e valutare i relativi effetti. Le sostanze chimiche, a base di solvente o di sospensioni ad azione solvente, con le quali si potranno additivare gli impacchi dovranno avere una limitata tossicità, bassa infiammabilità, adeguata velocità di evaporazione e una composizione pura. Un solvente troppo volatile non riuscirà a soluzione in tempo il deposito così come un solvente con alto punto d'evaporazione ristagnerà sulla superficie. Si potrà ricorrere a prodotti basici o a sostanze detergenti quali saponi liquidi neutri non schiumosi diluiti nell'acqua di lavaggio. Le sostanze a reazione alcalina più o meno forte (come

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	83 di 105

l'ammoniaca, i bicarbonati di sodio e di ammonio) saranno utilizzate soprattutto per saponificare ed eliminare le sostanze grasse delle croste a legante organico e, in soluzione concentrata, saranno in grado di attaccare incrostazioni scure spesse e scarsamente idrosolubili. I detergenti saranno in grado di diminuire la tensione superficiale dell'acqua incrementandone, in questo modo, l'azione pulente; l'utilizzo dei detergenti consentirà di stemperare le sostanze organiche (oli e grassi), di tenere in sospensione le particelle di depositi inorganici non solubilizzati o disgregati, di compiere un'azione battericida presentando il vantaggio di poter essere asportati insieme allo sporco senza lasciare alcun residuo.

Per asportare croste nere di piccolo spessore (1-2 mm) uno dei formulati che, se non diversamente indicato dalla DL, potrà essere utilizzato si comporrà di:

- 1000 cc di acqua deionizzata;
- 50 g di carbossimetilcellulosa (serve per dare consistenza tissotropica all'impasto);
- 30 g di bicarbonato di sodio (NaHCO_3);
- 50-100 g di EDTA (sale bisodico).

Il tempo di contatto potrà variare secondo i casi specifici: nel caso in cui la DL riterrà opportuno prolungarlo nel tempo (sulla base di prove preventive su tasselli di materiale campione), si dovrà provvedere alla copertura dell'area interessata con fogli di polietilene in modo da impedire l'evaporazione dell'acqua presente nel composto. Una volta rimosso il composto, si dovrà procedere alla pulitura con acqua deionizzata aiutata, se si riterrà necessario, con una leggera spazzolatura.

L'EDTA bisodico è particolarmente efficace nella rimozione di patine di gesso, generate da solfatazioni e carbonato di calcio legate alla presenza di scialbi o ricarbonatazioni superficiali, grazie al pH debolmente acido (pH 5). L'EDTA tetrasodico con il pH alcalino (pH 11) risulterà particolarmente efficace nella rimozione di patine di vario colore (giallo, rosa, bruno) composte da ossalato di calcio (prodotto da certi tipi di licheni o da ossidazione di eventuali materiali organici vari applicati in passato a scopo protettivo o decorativo e, in seguito, ossidati da batteri installatisi sulla superficie).

In alternativa si potrà utilizzare un impacco leggermente diverso denominato AB 57 composto nel seguente modo:

- 1000 cc di acqua deionizzata;
- 60 g di carbossimetilcellulosa;
- 50 g di bicarbonato di sodio (NaHCO_3);
- 30 g di bicarbonato di ammonio (NH_4HCO_3);
- 25 g di EDTA (sale bisodico);
- 10 g di Neodesogen (sale di ammonio quaternario) al 10%.

Rispettando la composizione si avrà una soluzione il cui pH sarà di circa 7,5 (sarà, in ogni caso, sufficiente che il pH non superi il valore di 8 al fine di evitare pericolosi fenomeni di corrosione dei calcarei e l'eventuale formazione di sotto prodotti dannosi); la quantità di EDTA potrà variare fino ad un massimo di 100-125 g, alla miscelazione potranno essere aggiunte ammoniaca o tritanolamina (liquido limpido, viscoso, molto igroscopico) allo scopo di migliorare la dissoluzione di componenti "grassi" presenti nella crosta. Anche in questo caso ad operazione avvenuta si renderà indispensabile un lavaggio con acqua deionizzata accompagnato, se si riterrà necessario, da una blanda azione meccanica di spazzolatura.

Per la rimozione di ruggine dalle superfici lapidee il reagente utilizzato sarà diverso a seconda se si tratterà di operare la pulitura su rocce calcaree o su rocce silicee; le macchie di ferro, su queste ultime, si potranno rimuovere mediante acido fosforico e fosfati, fluoruri o citrati mentre, sulle rocce calcaree, si potrà ricorrere a una soluzione satura di fosfato di ammonio (con pH portato a 6 per aggiunta di acido fosforico) facendo attenzione a limitare al minimo il tempo di contatto. È buona norma, prima di applicare gli impacchi, sgrassare la superficie da pulire e, al fine di limitare la diffusione del ferro all'interno del materiale, applicare i primi impacchi su di un'area doppiamente estesa rispetto a quella dell'intervento e quelli successivi limitandosi alla parte interessata dalla patologia.

AVVERTENZE

Questo tipo di pulitura comporterà inevitabilmente un blando effetto di corrosione delle superfici calcaree soprattutto in avanzato stato di degrado, ciò è dovuto principalmente alla presenza di agenti complessati del calcio all'interno del formulato AB57. La pulitura con impacco chimico aumenterà, inoltre leggermente l'assorbimento capillare di acqua in relazione all'effetto di corrosione corticale esaminato in precedenza. In alcuni casi, inoltre, la pulitura chimica potrà presentare una leggera sbiancatura delle superfici trattate.

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	84 di 105

12.2.2.11 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Carbonato e Bicarbonato d'Ammonio

Il carbonato e il bicarbonato di ammonio (veicolati nella maggior parte dei casi con impacchi di polpa di cellulosa) sono sali solubili in acqua, ai quali si potrà ricorrere in percentuali che varieranno da 5% a 100%, secondo i casi; potranno essere utilizzati sia da soli che in composti e, non di rado, a questa tipologia di impacchi si potranno aggiungere resine a scambio ionico con effetto solfante applicate in seguito a miscelazione con acqua demineralizzata in rapporto variabile, in base alla consistenza finale che si vorrà ottenere per effettuare il trattamento (i tempi di applicazione sono, anche in questo caso, da relazionarsi ad opportuni test preventivi).

Il carbonato e il bicarbonato di ammonio decompongono spontaneamente originando prodotti volatili (di norma questi sali risulteranno attivi per un lasso di tempo di circa 4-5 ore), la liberazione di ammoniaca conferirà al trattamento proprietà detergenti, mentre l'alcalinità (maggiore per il carbonato che per il bicarbonato) consentirà una graduale gelificazione di materiale di accumulo e vecchie patine proteiche e lipidiche, consentendone la rimozione dalla superficie. Questi sali eserciteranno, inoltre, un'azione desolfatante, riuscendo a trasformare il gesso, eventualmente presente sul supporto, in solfato di ammonio più solubile e facilmente asportabile con lavaggio acquoso. Se il materiale da asportare presenterà un'elevata percentuale di gesso, la concentrazione in acqua del carbonato o bicarbonato dovrà essere di tipo saturo (circa il 15-20% di sale in acqua deionizzata) mentre, per gli altri casi, basterà raggiungere il pH necessario (9 per il carbonato, 8 per il bicarbonato) con soluzioni meno sature (5-7% in acqua deionizzata). L'uso del bicarbonato d'ammonio (o di sodio) sarà sconsigliato nel caso di interventi su materiali particolarmente degradati, specie per i marmi (nei quali si può avere una facile corrosione intergranulare e decoesione dei grani di calcite superficiale) e per i calcari sensibilmente porosi dove potrà incontrare difficoltà nel rimuovere i residui dell'impacco. In presenza di efflorescenze visibili sarà utile un'anticipata rimozione meccanica delle stesse, allo scopo di evitare la loro solubilizzazione e conseguente compenetrazione in seguito alla messa in opera dell'impacco.

Esempi di impasti: un impasto base per la rimozione di patine tenaci, fissativi o pitturazioni eseguite con colori più o meno resistenti sarà composto da:

- polpa di cellulosa a fibra media-grossa (tipo *Arbocell 200-600* , metà della quantità di polpa di cellulosa potrà essere sostituita con Sepiolite);
- carbonato di ammonio al 20-25% (soluzione satura e acqua deionizzata in rapporto 1:2), in alternativa si potrà utilizzare bicarbonato di ammonio in opportuna diluizione.

La validità dell'impacco dovrà, in ogni caso, essere testata preventivamente su tasselli-campione, indicativamente il tempo di contatto potrà variare tra i 10 e i 45 minuti. La concentrazione della sostanza attiva non dovrà essere molto alta così da garantire all'impacco un'azione prolungata nel tempo e in profondità. Per pitturazioni eseguite con colori poco resistenti o delicati potrà essere utilizzata polpa di cellulosa con fibre corte (0-40) o carbossimetilcellulosa (così da formare un impasto semitrasparente morbido e pennellabile) abbassando i tempi di applicazione (che potranno oscillare dai 5 ai 20 minuti) così da evitare che l'impacco agisca troppo in profondità ed eserciti solo azione pulente in superficie. In presenza di pigmenti deboli potrà essere necessario sostituire il carbonato con il bicarbonato di ammonio con l'eventuale riduzione delle concentrazioni e dei tempi di contatto (potranno essere sufficienti anche solo pochi minuti).

Orientativamente impacchi realizzati con polpa di cellulosa a macinazione medio-grossa (200-1000) verranno impiegati con tempi di contatto relativamente lunghi (10-60 minuti) e con sostanza attiva (carbonato o bicarbonato di ammonio) in basse concentrazioni così da dar modo all'impacco di agire più a lungo e più in profondità. Impacchi, invece, realizzati con grana fine o finissima (00-200) verranno impiegati con tempi di contatto più rapidi (5-20 minuti) e con sostanza attiva in bassa diluizione oppure in soluzione satura, così da evitare all'impacco di agire troppo in profondità garantendo una pulitura più delicata.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

Polpa di cellulosa: di colore bianco, deresinata ricavata dal legno. Le fibre presentano un'elevata superficie specifica, ed un'altrettanto elevato effetto addensante, un comportamento pseudoplastico e una buona capacità di trattenere i liquidi e sono, inoltre, insolubili in acqua ed in solventi organici. Un chilogrammo di polpa di cellulosa sarà in rado di trattenere circa 3-4 l di acqua, minore sarà la dimensione della fibra (00, 40, 200, 600, 1000) maggiore sarà la quantità di acqua che sarà in grado di trattenere.

AVVERTENZE

L'applicazione degli impacchi chimici dovrà essere fatta dal basso verso l'alto in modo da ovviare pericolosi ed incontrollabili fenomeni di ruscellamento e al fine di ogni applicazione si procederà all'asportazione di ogni traccia di sostanza chimica ricorrendo sia ad un accurato risciacquo manuale con acqua deionizzata sia, se indicato dalla scheda tecnica del prodotto, all'ausilio di apposite sostanze neutralizzatrici. I vantaggi degli impacchi, indipendentemente dalla tipologia, risiedono nella loro non dannosità, nel basso costo (le argille sono riutilizzabili previo lavaggio in acqua) e nella facilità di messa in opera, non solo ma se si userà una miscela di polpa di cellulosa più argille assorbenti (in rapporto

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 85 di 105

1:1) si potranno sfruttare le caratteristiche migliori di entrambe (l'impacco che ne deriverà si presenterà morbido e malleabile tale da permettere l'applicazione sulle zone interessate senza cadute di materiale o percolazione di liquido in eccesso sulle zone limitrofe); per contro gli svantaggi sono la lentezza dell'operazione e la loro relativa non controllabilità.

12.2.2.12 Pulitura mediante impacchi assorbenti a base di Resine a scambio ionico

Il pulitore a scambio cationico (descialbante) funziona come agente di pulitura nei confronti di scialbature e incrostazioni calcaree, "sequestrando" ioni di calcio al supporto cui viene applicato in modo lento e delicato, garantendo, pertanto, un buon controllo del grado di pulitura. Il pulitore risulterà facilmente disperdibile in acqua demineralizzata o distillata con la quale, allorché venga miscelato per 1/7-1/8 del suo peso (ovvero con altro rapporto a secondo della consistenza finale descritta negli elaborati di progetto), fornisce un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici con qualsiasi orientamento; con quantitativi d'acqua leggermente superiori si otterranno impasti più scorrevoli applicabili a pennello.

Le resine a scambio anionico (desolfatanti) risulteranno invece attive nei confronti di gesso e solfati, derivati dall'aggressione da inquinamento atmosferico, su materiali lapidei di origine sia naturale sia artificiale quali: marmi, pietre, malte, intonaci, affreschi o pitture murali. Al fine di ottenere un impasto facilmente applicabile a spatola su superfici di qualsiasi orientamento sarà necessario disperdere, orientativamente, una parte in peso di resina in una parte in peso di acqua deionizzata o distillata. Quantitativi maggiori di acqua (1,2-1,5 parti in peso), consentiranno applicazioni a pennello o con erogatori a spruzzo. In particolari situazioni applicative e sempre dietro specifica indicazione della DL potranno essere ammesse anche soluzioni di carbonato di ammonio sino al 10% p/p, sempre preparate con acqua deionizzata o distillata; tali impasti dovranno essere messi in opera subito dopo la loro preparazione. Se si utilizzeranno impasti con soluzioni di carbonato di ammonio, sarà necessario accertare, e di conseguenza, proteggere l'eventuale presenza di parti infisse o di pigmenti a base di rame.

In entrambi i casi, al fine di migliorare il trattamento, sarà consigliabile operare, sulla superficie da trattare, un preventivo trattamento di umidificazione con acqua demineralizzata ovvero distillata, fermo restando che le superfici da trattare dovranno essere liberate da eventuali depositi di polvere o detriti di qualsiasi genere. L'azione del prodotto si esplica sino a che l'impasto rimarrà sufficientemente bagnato, per cui, se necessario, dovrà essere cura dell'Appaltatore proteggere gli impacchi dagli essiccamenti troppo rapidi con fogli di polietilene od altri film plastici. Dovranno, in ogni caso essere evitate temperature inferiori ai 10 °C e superiori ai 30 °C. Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto dovranno essere utilizzati impasti miscelati entro la stessa giornata lavorativa.

Sia le quantità di acqua, ottimali per la consistenza voluta dell'impasto, che la durata ed il numero delle applicazioni dovranno, necessariamente, essere ricercati di volta in volta, a seconda dei problemi di pulitura da affrontare, effettuando prove preliminari di trattamento su zone ridotte e tipologicamente significative delle superfici. I suddetti campioni dovranno essere eseguiti dall'appaltatore sotto stretto controllo della DL.

Trascorso il tempo di trattamento ritenuto utile, l'impasto, o meglio il suo residuo dall'evaporazione, potrà essere rimosso per azione meccanica blanda, ad esempio con spazzolatura, combinata o meno ad una aspirazione. Nel caso in cui l'impacco fosse stato preservato con una pellicola, questa dovrà essere staccata per prima e la rimozione dei residui iniziata dopo un opportuno tempo di asciugamento. La pulitura della superficie potrà essere completata, se prescritto dalla DL, mediante una spugnatura con acqua deionizzata. Se necessario, il trattamento potrà essere ripetuto, in linea di principio indefinitamente, sino all'ottenimento del risultato più soddisfacente.

AVVERTENZE

Le resine a scambio ionico tipo cationico hanno caratteristiche acide, pertanto dovranno essere evitati con cura il contatto con la pelle, con le mucose, con gli occhi ed assolutamente non andrà ingerito tale prodotto. L'impasto, quando diventa secco e polverulento, diventa ancor più pericoloso poiché potrebbe essere facilmente inalato ed entrare negli occhi.

12.2.2.13 Pulitura mediante impacco biologico

Sono impasti da utilizzare su manufatti lapidei delicati o particolarmente decoesi, posti all'esterno, su quali non sarà possibile eseguire puliture a base di acqua nebulizzata senza arrecare ulteriori danni. Di norma vengono utilizzati per estrarre i sali solubili penetrati, per cause diverse, all'interno del materiale lapideo. I suddetti impacchi dovranno essere a base di argille assorbenti (sepiolite), contenenti prodotti a base ureica così composti:

- 1000 cc di acqua deionizzata;
- 50 g di urea (NH₂)₂CO;
- 20 cc di glicerina (CH₂OH)₂CHOH.

Il fango che si otterrà dovrà essere steso in spessori di almeno 2 cm da coprire con fogli di polietilene, a fine trattamento, se non diversamente specificato dalla DL, e si applicherà un fungicida per prevenire eventuali aggressioni

N° rev.	Data:	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	86 di 105

microbiologiche. I tempi di applicazione saranno stabiliti dall'operatore sotto il controllo della DL in base a precedenti prove e campionature.

AVVERTENZE

Nel caso di materiali coperti da efflorescenze, prima dell'applicazione degli impacchi queste andranno asportate meccanicamente con spazzole morbide.

12.2.2.14 Pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi (sistema Jos e Rotec)

La pulitura mediante apparecchi aeroabrasivi potrà essere impiegata al fine di rimuovere dalle superfici lapidee particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Un metodo di pulitura aeroabrasiva è il sistema Jos che, sfruttando una spirale di tipo elicoidale a bassissima pressione (0,1–1 bar) consentirà di operare interventi di pulitura, sia a secco (utilizzando aria e inerti di varia granulometria) che ad umido (impiegando aria, inerti e bassi quantitativi di acqua che variano da 5-60 l/h in base al tipo di ugello utilizzato e allo sporco da rimuovere). Questo sistema potrà essere utilizzato per la pulitura di ogni tipo di pietra naturale, granito, arenarie, marmo e travertino. La scelta degli inerti verrà fatta in base al tipo ed alla consistenza della sostanza patogena da asportare, in ogni caso si tratterà sempre di sostanze neutre non tossiche con granulometria di pochi micron (da 5 a 300 μ m) e con durezza che potrà variare da 1-4 Mohs utilizzate, talvolta, con spigoli arrotondati, così che si possano evitare a fenomeni di microfratture, forti abrasioni o modificazioni delle alterazioni del materiale lapideo. Tra gli inerti più adatti al caso troveremo: il carbonato di calcio, bianco di Spagna, gusci di noce, noccioli, polvere di vetro, granturco macinato, pula di riso. Si procederà con la proiezione a vortice elicoidale degli inerti che colpiranno la superficie seguendo più angoli d'incidenza secondo direzioni subtangenziali. La distanza che dovrà intercorrere tra l'elemento di immissione (ugello) e il materiale varierà normalmente tra i 35 cm e i 45 cm. Il sistema Jos eviterà l'insorgenza di un'azione abrasiva sul materiale, poiché la pressione dell'aria compressa diminuirà approssimativamente in proporzione al quadrato della distanza dall'ugello, mentre la rotazione rimarrà inalterata.

Per superfici molto porose, o molto deteriorate, sarà indicato il sistema Jos a secco applicato ad una distanza dal supporto di circa 40-45 cm con una pressione di impatto non superiore all'1,5 bar; se dovranno essere pulite superfici di marmo, granito e travertino si utilizzerà carbonato di calcio come inerte (in grani da 300 μ m di diametro emessi da una distanza di circa 30-40 cm con pressione dell'impianto pari a 2 bar in modo che l'impatto sulla pietra sia pari a 0,4-0,5 bar).

Il sistema Jos a umido sarà impiegato per la pulitura di superfici non eccessivamente porose, così da evitare l'insorgenza di fenomeni di degrado legati all'infiltrazione in profondità dell'acqua. Si utilizzerà acqua lievemente dura per la pulitura di calcarei teneri, acqua dolce sarà utilizzata per la pulitura di pietre silicee mentre, per rocce silicatiche e graniti, s'impiegherà acqua deionizzata. In ogni caso il consumo di acqua sarà in relazione al tipo e alle dimensioni dell'ugello utilizzato (per ogni 2 m² di superficie pulita: ugello piccolo 1 l, ugello standard 6 l); occorrerà sempre procedere con estrema cautela e previa analisi delle caratteristiche intrinseche della pietra da trattare in modo da evitare interventi troppo aggressivi che potrebbero implicare sia l'erosione del materiale sia un'eccessiva, quanto dannosa, impregnazione di acqua.

In alternativa al sistema Jos si potrà ricorrere al sistema Rotec caratterizzato da un mini vortice rotante. Particolarmente adatto per puliture di manufatti delicati (sculture, rilievi, ceramiche ecc.) potrà essere utilizzato a secco, a nebulizzazione (l'ugello erogherà 0,5 l/h di acqua) o a umido (l'ugello erogherà da 1 a 3 l/h di acqua). L'inerte e l'ugello sono, anche in questo caso come per il sistema Jos, regolabili (la pressione d'impatto sul materiale non supera lo 0,2-0,4 bar).

12.2.2.15 Pulitura Laser

L'apparecchiatura selettiva Laser (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) ad alta precisione è utile per asportare depositi carbogessosi da marmi e da materiali di colore chiaro, oltre che depositi e patine superficiali da legno, bronzo, terracotte ed intonaci. Nel meccanismo di rimozione, da parte del laser, delle sostanze estranee dalle superfici intervengono più meccanismi in funzione d'altrettante condizioni operative scelte. In buona sostanza si tratta di automatismi che prevedono un assorbimento selettivo dell'energia dell'impulso laser da parte dei degni superficiali di colore scuro, con una successiva evaporazione di materia e con la rottura dei legami chimici: questo si tradurrà in una distruzione delle molecole che formano i depositi ed in una conseguente loro rimozione. Il piano interessato viene colpito dal raggio per spessori di pochi micron; il substrato sottostante non viene intaccato in quanto, normalmente, esprime un coefficiente di assorbimento più basso (la superficie chiara, riportata alla luce riflette il raggio laser interrompendo il funzionamento dell'apparecchio e in tal modo non si surriscalda). Il laser offre l'opportunità di rispettare integralmente la patina di materiali grazie alla sua assoluta selettività; può, infatti, asportare anche solo pochi micron. Altri fattori a favore di questa tecnica sono l'assoluta mancanza di additivi chimici, che potrebbero, in qualche modo, aggredire la pietra e la

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 87 di 105

possibilità di intervenire (senza effettuare preconsolidamento) anche su elementi particolarmente decoesi o preventivamente trattati con resine sintetiche o altre sostanze consolidanti e protettive.

I parametri che dovranno, necessariamente, essere calibrati (dall'operatore in accordo con la DL) prima dell'inizio della procedura di pulitura sono:

- lunghezza d'onda;
- regolazione dell'emissione di energia in rapporto alla lunghezza d'onda scelta;
- modulazione della frequenza di emissione dell'impulso graduabile in termini di colpi al secondo;
- focalizzazione del raggio sulla superficie del manufatto da pulire.

Una volta calibrati i parametri dell'apparecchiatura laser, la maggiore o minore focalizzazione sul supporto, permetterà l'aumento o la diminuzione della densità di energia sulla superficie e di conseguenza sarà regolato l'effetto ablativo. Il sistema di regolazione permetterà, pertanto il controllo della pulitura laser e la calibrazione della forza del metodo in funzione dei depositi da eliminare e dello stato di conservazione della superficie che dovrà essere pulita. La scelta di una durata molto breve dell'impulso (inferiore a 8 ns) eviterà le "bruciature" superficiali e limiterà notevolmente l'ingiallimento della superficie, questo ultimo fenomeno potrà essere in ogni caso risolto mediante blando lavaggio con spugna o tampone imbevuto di acqua distillata.

In funzione dei risultati preliminari forniti dai test-campione di pulitura, l'operatore, in accordo con la DL, sceglierà il livello di densità di energia ottimale con il quale si condurrà in quella specifica area l'operazione di pulitura. In questo modo sarà possibile operare progressivamente e controllare precisamente la rimozione dei depositi fino alla superficie del manufatto.

In fase operativa, dovranno essere attentamente verificati i tempi di esposizione, la lunghezza d'onda e l'energia di impulso del laser utilizzato; risulta pertanto importante effettuare un'appropriata selezione delle condizioni di lavoro in riferimento al substrato, al tipo di materiale lapideo ed al tipo di deposito coinvolti nei singoli casi di pulitura. Dovranno, quindi, essere eseguite analisi conoscitive preliminari, oltre che del supporto, anche del deposito, oltre ad una serie di saggi di pulitura identificando eventuali porzioni pigmentate.

Nell'usare questa tecnica è consigliabile bagnare preventivamente la superficie oggetto di intervento sia per esaltare le parti scure e di conseguenza amplificare l'assorbimento della radiazione facilitando l'asportazione dello sporco, sia per attenuare la grande quantità di residui carboniosi e fumi (dannosi per l'operatore) che si producono in una operazione di questo tipo.

AVVERTENZE

L'apparecchiatura dovrà essere esclusivamente utilizzata da personale altamente specializzato in grado di valutare attentamente i risultati ottenuti, eventualmente variando di volta in volta i parametri esecutivi ed applicativi (lunghezza d'onda, durata, ripetizione degli impulsi, energia del flusso, sezione trasversale, convergenza del fascio).

DISPOSITIVI DI SICUREZZA

I sistemi minimi di sicurezza per operare con strumenti laser saranno:

- la zona di lavoro trattata con il laser dovrà essere segnalata da apposito segno grafico;
- l'operatore e le persone eventualmente presenti all'interno dell'area di lavoro con il laser dovranno indossare occhiali speciali di protezione muniti di lenti ad alta densità ottica, capaci di schermare la radiazione infrarossa di 1064 µm di lunghezza d'onda;
- al di fuori dei periodi di utilizzo lo strumento laser dovrà essere tenuto spento e l'accesso alle apparecchiature dovrà essere controllato.

12.2.3 Rimozione macroflora

Appartengono alla macroflora tutti quegli organismi microscopicamente visibili (muschi, licheni, vegetazione superiore ovvero vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea ecc.) il cui sviluppo, sulle superfici lapidee, è favorito dalla presenza di dissesti dell'apparecchio come lesioni, cavità, interstizi ecc., all'interno dei quali si può accumulare dell'humus (formato da depositi composti da particellato atmosferico e da organismi morti), sul quale i depositi di spore trasportate dal vento agevolano la riproduzione di muschi e licheni; i licheni creano fenomeni di copertura, fratturazione, decoesione e corrosione; i muschi coprono la superficie e, penetrati in profondità, svolgono un'azione meccanica di disgregazione. La comparsa di muschi e licheni implica la presenza di un elevato tasso d'umidità e ne incrementa ulteriormente la persistenza agevolando l'accumulo e il ristagno delle acque. Per quanto concerne la vegetazione superiore l'azione distruttiva operata dalle radici radicatesi all'interno delle discontinuità può comportare dei danni meccanici che portano, in molti casi, alla caduta del materiale.

12.2.3.1 Generalità

Prima di procedere con le operazioni diserbanti, in special modo quelle indirizzate alle piante infestanti, è opportuno:

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	88 di 105

- identificare il tipo di vegetazione (erbacea o arbustiva) e la specie di pianta, così da poter capire quanto profonde e resistenti potranno essere le loro radici;
- prevedere i danni che le operazioni meccaniche di asportazione delle radici e dei semi penetrati in profondità potrebbero recare alla struttura muraria;
- definire la reale possibilità d'intervento sulle diverse specie presenti e soprattutto accertare se esistono le circostanze per cui poter operare su tutta la superficie invasa.

Nel caso si decida di ricorrere all'utilizzo di biocidi, la scelta dovrà essere fatta in riferimento al compito specifico che dovranno assolvere; in base a questo si distingueranno in:

- prodotti indicati per estirpare piante a foglia larga e prodotti per piante a foglia stretta;
- prodotti da assorbimento fogliare e prodotti da assorbimento radicale;
- prodotti circoscritti contro la vegetazione erbacea e prodotti arbusticidi;
- prodotti come erbicidi "di contatto" (agiscono sugli apparati vegetativi delle specie già sviluppate) ed erbicidi "residuali" (penetrano anche nel terreno garantendo un'azione prolungata nel tempo).

I biocidi impegnati dovranno, inoltre, indipendentemente dal tipo selezionato, presentare le seguenti caratteristiche:

- essere incolori o trasparenti con principi attivi poco solubili in acqua;
- presentare un basso grado di tossicità;
- essere degradabili nel tempo;
- non provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;
- non persistere dopo l'applicazione sulla superficie trattata lasciando residui di inerti stabili (per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate).

Indipendentemente dal tipo di prodotto chimico selezionato l'applicazione potrà avvenire per:

- irrorazione sulla vegetazione, previa diluizione (normalmente 0,1-1%) del biocida in acqua. Si può applicare sia su piante erbacee sia su arboree; l'irrorazione avverrà utilizzando annaffiatori dotati di pompe manuali (da evitare pompe a pressione) o più specifici nebulizzatori;
- iniezioni di soluzioni acquose di biocidi (diluizione 1:10) direttamente nei canali conduttori della pianta; tecnica che si attua previo taglio della pianta all'altezza del colletto radicale, particolarmente adatta per piante lignificate di una certa consistenza. L'iniezione eviterà la dispersione della soluzione al di fuori dell'area del trattamento evitando in questo modo possibili fenomeni d'interferenza con il materiale lapideo;
- impacchi applicati al colletto della radice appena tagliato, particolarmente indicati contro le piante lignificate e realizzati con argille impregnate di biocida.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

12.2.3.2 Erbicidi

Il controllo dello sviluppo della vegetazione infestante superiore potrà essere assicurato solo utilizzando prodotti che intervengano sulla fotosintesi; tali composti potranno, talvolta, essere indicati anche per la soppressione di certi tipi di alghe. Per la rimozione di vegetazione inferiore e superiore su apparecchi murari, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, dovranno essere preferiti erbicidi non selettivi (ovvero che impediscano qualsiasi sviluppo vegetale) a base nitro-organica.

Solfato di ammonio è impiegato per il trattamento puntuale delle radici degli alberi così da trattenerne lo sviluppo.

Fluometuron da impiegare contro muschi e licheni in soluzioni acquose al 2%.

Simazina prodotto antigermicida di preemergenza da utilizzare per impedire la crescita di vegetazione superiore, licheni e muschi, presenta una azione preventiva che copre circa 1-2 anni. Da utilizzare preferibilmente in area archeologica.

Picloram erbicida non selettivo da impiegare per il controllo della vegetazione, dovrà, pertanto, essere impiegato con estrema cautela e solo dietro specifiche indicazioni della DL e degli organi di tutela del bene oggetto di trattamento.

Gliofosato diserbante sistematico da utilizzare per sopprimere licheni e piante superiori in soluzioni acquose al 2%. È l'unica molecola in grado di devitalizzare alla radice infestanti come gramigna e rovo. Dovrà essere applicato nel momento di massimo rigoglio vegetativo. Non presenterà, una volta terminato il trattamento, composti residui.

12.2.3.3 Diserbo da piante superiori

Lo scopo della pulitura sarà di asportare, dai materiali lapidei, vegetazione erbacea, arbustiva ed arborea. L'asportazione dovrà essere preferibilmente eseguita nel periodo invernale e potrà essere fatta sia meccanicamente, mediante il taglio a raso con l'ausilio di mezzi a bassa emissione di vibrazioni (seghe elettriche, seghe manuali, forbici, asce, accette ecc.), sia ricorrendo all'uso di disinfestanti liquidi selezionati seguendo le indicazioni riportate nell'articolo

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 89 di 105

sulle generalità. Le due operazioni potranno coesistere nei casi in cui l'asportazione meccanica non risulterà risolutiva. Si potrà ricorrere all'uso dei biocidi quando l'asportazione diretta delle piante (vive e con radice profonde) risulterà eccessivamente lesiva per il substrato e in situazioni d'abbandono prolungato dove le piante crescono, solitamente, rigogliose.

L'uso dei biocidi non dovrà essere fatto nei periodi di pioggia, di forte vento o eccessivo surriscaldamento delle superfici allo scopo di evitare la dispersione o l'asportazione stessa del prodotto. Tra i biocidi indicati per estirpare organismi macrovegetali ci sono anche i composti neutri della triazina, a bassa solubilità in acqua, e i derivati dell'urea che, presentando una scarsissima mobilità nel terreno, consentono di ridurre i pericoli d'inquinamento delle aree limitrofe circoscrivendo l'intervento alle sole zone interessate: la clorotriazina (per assorbimento radicale) risulterà efficace per applicazioni al suolo, su piante a foglia larga e a foglia stretta, la metossitriazina potrà essere utilizzata anche sulle murature.

La verifica dell'efficacia dei biocidi, indispensabile per procedere all'estirpazione della radice, avverrà dopo 30-60 giorni dalla loro applicazione. L'applicazione del prodotto sulla vegetazione potrà essere realizzata seguendo le metodologie (irrorazione, iniezione ed impacco) che la DL riterrà più consone al caso specifico. L'operazione terminerà con un accurato lavaggio delle superfici con acqua pulita a pressione moderata, così da garantire l'eliminazione di ogni traccia residua di biocida.

12.2.3.4 Disinfestazione da muschi e licheni

Muschi e licheni crescono su substrati argillosi depositatisi sulle pietre e su queste si manifestano tramite delle escrescenze più o meno aderenti e spesse; la loro asportazione potrà essere, sia meccanica (che difficilmente risulterà completamente risolutiva) mediante l'ausilio di spazzole rigide, bisturi, spatole ecc. facendo attenzione a non intaccare la superficie, sia con biocidi. Se i licheni risulteranno molto spessi e tenaci la rimozione meccanica sarà preceduta dall'applicazione sulla superficie di una soluzione di ammoniaca diluita in acqua al 5% al fine di ammorbidire la patologia e facilitarne l'asportazione. L'uso dei biocidi potrà essere in alternativa o in correlazione alla rimozione meccanica, utilizzandoli sia nello specifico della patologia da rimuovere sia a vasto raggio d'azione; l'applicazione potrà essere fatta a spruzzo, a pennello o ad impacco in relazione alle caratteristiche del prodotto prescelto. Un'efficace risoluzione per l'asportazione di muschi e licheni prevederà l'utilizzo di biocidi ad azione immediata quali: acqua ossigenata 120 volumi (l'operazione dovrà essere ripetuta a distanza di 24 ore fino alla totale "bruciatura" degli organismi vegetali), formaldeide in soluzione acquosa 0,1-1% ed ossido di etilene (ETO) al 10% in miscela gassosa di aria ed anidride carbonica; trascorso un tempo variabile tra i 5-15 giorni dall'ultimo trattamento biocida si procederà all'asportazione delle patine biologiche e depositi humiferi (i quali si manifesteranno fragili, ingialliti, secchi e/o polverulenti) mediante spazzolatura con spazzole di saggina. Inoltre, nello specifico, possiamo ricorrere a biocidi come i lichenicidi, che comprendono i sali di ammonio quaternario e gli enzimi proteolitici; questi biocidi sono solubili in acqua e si applicano in soluzioni acquose debolmente concentrate (1-3%). Dopo l'applicazione del biocida, si dovrà eseguire un ripetuto lavaggio della superficie con acqua pulita e, con l'eventuale utilizzo d'idropulitrice (regolando la pressione in relazione alla consistenza del supporto) così da garantire la rimozione completa del prodotto. L'uso del biocida dovrà implicare tutte le precauzioni illustrate sia nell'articolo sulle generalità sia in quello inerente il diserbo da piante superiori.

12.2.3.5 Rimozione microflora

La microflora è costituita da batteri, funghi, alghe e cianobatteri; il loro sviluppo è favorito da condizioni al contorno caratterizzate da elevata umidità relativa e/o dalla presenza di acqua ristagnante all'interno del materiale lapideo condizioni aggravate, in molti casi, anche da una limitata circolazione d'aria. Questi microrganismi possono indurre sulla superficie un degrado di natura meccanica e/o chimica; i funghi possono, infatti, rivelarsi nocivi penetrando, con le appendici filiformi, all'interno delle fessure presenti nel manufatto, sollecitando meccanicamente la struttura, incrementando la decoesione del materiale; le alghe, invece, provocano sulla superficie un'azione meccanica corrosiva agevolando l'impianto d'ulteriori micro e macrorganismi. La loro presenza sulle superfici lapidee si manifesta tramite macchie, efflorescenze di sali solubili e patine di ossalati, patologie che, inevitabilmente, ne alterano l'aspetto estetico. È opportuno ricordare che, l'asportazione della microflora non potrà essere considerata definitiva se, preventivamente, non sono state eliminate le cause al contorno che ne favoriscono la crescita.

GENERALITÀ

Le sostanze biocide utilizzate per la rimozione della microflora dovranno rispondere a delle specifiche esigenze tra le quali:

- non dovranno risultare tossiche per l'uomo e per gli animali;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 90 di 105

- dovranno essere biodegradabili nel tempo;
- non dovranno provocare azione fisica o chimica nei riguardi delle strutture murarie;
- dopo l'applicazione non dovranno persistere sulla superficie trattata con residui di inerti stabili e per questo si dovranno evitare sostanze oleose o colorate.

L'uso dei biocidi dovrà essere fatto con la massima attenzione e cautela da parte dell'operatore che, durante l'applicazione, dovrà ricorrere ai dispositivi di protezione personale, come guanti ed occhiali, ed osservare le norme generali di prevenzione degli infortuni relative all'utilizzo di prodotti chimici velenosi.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

Alghicidi, battericidi, fungicidi

Perossido di idrogeno (acqua ossigenata), utilizzato a 120 volumi risulta adatto per sopprimere alghe e licheni su apparecchi murari. Presenta forti capacità ossidanti; può essere causa di sbiancamenti del substrato, ed agisce esclusivamente per contatto diretto. La sua azione non dura nel tempo.

Ipoclorito di sodio (varechina), utilizzato in soluzione acquosa al 2%-7% per asportare alghe e licheni. La varechina può essere causa di sbiancamenti del materiale lapideo; inoltre, se non è interamente estratta dal materiale lapideo ne può determinare l'ingiallimento.

Formalina, soluzione acquosa di aldeide formica, disinfettante utilizzato in soluzione acquosa al 5% per irrorare superfici attaccate da alghe verdi, licheni e batteri.

Orto-fenil-fenolo (OPP) ed i suoi sali sodici (OPNa) sono attivi su un largo spettro di alghe, funghi e batteri; la loro tossicità può ritenersi tollerabile. L'orto-fenil-fenolo risulta preferibile poiché presenta una minore interazione con il supporto.

Di-clorofene, prodotto ad amplissimo spettro, con tossicità molto bassa, non presenta interazioni con il supporto anche se organico.

Penta-clorofenolo (PCP) ed i suoi sali sodici (PCPNa) utilizzati in soluzioni acquose all'1% presentano un largo spettro. La loro tossicità è al limite della tolleranza; la loro interazione con il supporto può determinare l'annerimento del legno ed il mutamento cromatico dei pigmenti basici.

Benzetonio cloruro, derivato dell'ammonio quaternario, da utilizzare in soluzione dall'0,5-4% (ossia 5-40 ml per litro) in acqua demineralizzata per la disinfestazione di alghe, muschi e licheni, anche se per questi ultimi la sua efficacia risulta, talvolta, discutibile. La miscelabilità in acqua del prodotto permette un elevato potere di penetrazione e di assimilazione dei principi attivi da parte dei microrganismi eliminandoli e neutralizzando le spore. Il benzetonio cloruro è di fatto un disinfettante germicida con spettro d'azione che coinvolge batteri, lieviti, microflora ed alghe. Può essere aggiunto a tensioattivi non ionici per avere anche un effetto detergente. La sua azione risulta energica ma non protratta nel tempo, in quanto non è in grado di sopprimere le spore; l'eventuale presenza di nitrati ne ridurrà considerevolmente l'efficienza. Potrà essere utilizzato sia su pietra che su superfici lignee, i materiali trattati devono essere lasciati asciugare naturalmente.

12.2.3.6 Rimozione della patina biologica

La rimozione della patina biologica potrà essere fatta tramite pulitura manuale (bisturi, spazzole ecc.), meccanica (microsabbatura) o mediante l'uso di biocidi. L'efficacia dei sistemi d'asportazione manuale potrà risultare limitata poiché non risulteranno sempre in grado di rimuovere completamente la patologia così come la sabbatura potrà risultare lesiva per il substrato del materiale. Le sostanze biocide utilizzate dovranno essere applicate seguendo le indicazioni dettate nello specifico dal prodotto utilizzato e si dovranno relazionare alla natura del materiale lapideo allo scopo di evitare il danneggiamento del substrato e l'alterazione dello stato conservativo, in molti casi, precario. Le sostanze biocide, in relazione al tipo d'organismi che saranno in grado di rimuovere, si distingueranno in battericidi e fungicidi; la loro applicazione potrà essere fatta a pennello, a spruzzo o tramite impacchi. In presenza di materiali molto porosi sarà preferibile applicare il biocida mediante impacchi o a pennello che favoriscono la maggior penetrazione del prodotto e ne prolungano l'azione (per il timolo e la formaldeide si può ricorrere anche alla vaporizzazione, poiché si tratta di sostanze attive sotto forma di vapore); o a trattamento a spruzzo (applicato con le dovute precauzioni e protezioni da parte dell'operatore) che sarà particolarmente indicato in presenza di materiali fragili e decoesi. Gli interventi saranno ripetuti per un numero di volte sufficiente a debellare la crescita della patologia. Dopo l'applicazione della sostanza biocida si procederà all'asportazione manuale della patina; l'operazione verrà ultimata da una serie di lavaggi ripetuti con acqua deionizzata, in modo da eliminare ogni possibile residuo di sostanza sul materiale. In presenza di patine spesse ed aderenti, prima dell'applicazione del biocida, si eseguirà una parziale rimozione meccanica (mediante l'uso di pennelli dotati di setole rigide) della biomassa.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 91 di 105

12.3 AGGIUNTE, INTEGRAZIONI

12.3.1 Premessa metodologica

Le operazioni d'integrazioni comprendono tutta una serie d'interventi che hanno come fine ultimo quello di ripristinare le mancanze, più o meno consistenti, rintracciabili in un manufatto riconducibili a svariati motivi tra i quali: naturale invecchiamento dei materiali, mancata manutenzione, sollecitazioni meccaniche, decoesioni superficiali, interventi restaurativi antecedenti ecc. Indipendentemente dalle scelte metodologiche adottate, scaturite dai diversi indirizzi culturali, nel progetto di conservazione le mancanze richiedono necessariamente un'azione procedurale a prescindere che l'obiettivo prefisso sia il mantenimento dello stato di fatto o il ripristino finalizzato a restituire l'efficienza tecnica, che potrà essere denunciato oppure, come accade sovente, poiché mirato alla restituzione della configurazione "originale" nella sua totalità ed interezza, celato. Attribuire alla mancanza un valore storico-stratigrafico, se da un lato può rappresentare un atteggiamento estremamente rispettoso nei riguardi dell'entità materica ed estetica del manufatto, dall'altro limita le operazioni tecniche indirizzate alla conservazione ovvero, al recupero di quei requisiti di integrità strutturale che, venuti a mancare, possono incrementare l'innescarsi dei fenomeni degradanti.

Le operazioni di ripristino dovranno, per questo, essere pianificate puntualmente cercando, dove sarà possibile, di ponderare sia l'aspetto tecnico che quello conservativo in modo da tenere in debito conto i limiti imposti dalla valenza storica intrinseca nel manufatto e, allo stesso tempo, riuscire a restituire l'efficienza strutturale venuta meno. Il ripristino di parti mancanti, se da un lato contribuisce a dare durezza al manufatto, proteggendolo ed aiutandolo a conservarsi nel tempo, dall'altro comporta, inevitabilmente, alterazioni e perdite dei segni stratigrafici nascondendoli o cancellandoli con aggiunte che, come spesso avviene, rendono estremamente difficile il recupero di ciò che di originale è rimasto. Questo dato di fatto, dovrebbe essere per il Tecnico motivo di ponderate riflessioni al fine di riuscire a pianificare un intervento circoscritto a risolvere le varie problematiche rilevate durante la fase conoscitiva del manufatto scaturito da riferimenti culturali che lo hanno indirizzato nelle scelte metodologiche, cosciente che, delle diverse opzioni disponibili, per risolvere un determinato problema, nessuna sarà in grado di ovviare alle problematiche sino ad ora esposte; di ogni soluzione dovranno essere valutati i relativi vantaggi e svantaggi relazionandoli strettamente alle singole esigenze. In un progetto di restauro inevitabilmente l'interazione con il manufatto e, in special modo se si tratta di operare delle integrazioni, avrà come conseguenza un'alterazione dello stato di fatto originale; gli interventi, anche quelli meno invasivi, apporteranno delle modifiche più o meno rilevanti all'integrità della struttura che potranno essere accettate, e in parte giustificate, dalla priorità perseguita di restituire al manufatto la sua efficienza strutturale cosicché possa protrarre nel tempo il lento consumarsi. Le integrazioni che si mimetizzano con l'esistente, mirate non solo a dare integrità strutturale ma, soprattutto, a ripristinare un'unità figurativa in riferimento a come presupposto in origine, se da molti considerato un modo di intervenire che poco tiene conto della dignità storica del manufatto, da altri è ritenuto lecito, poiché il progetto è il risultato di ponderate riflessioni supportate da ricerche e documentazioni puntuali e dettagliate, per cui il risultato finale non deriva dal gesto creativo del Tecnico ma dal suo bagaglio di conoscenze storiche.

12.3.2 Operazioni di stuccatura, integrazione dei materiali lapidei (aggiunte)

12.3.2.1 Stuccatura-integrazione di elementi in laterizio

L'intervento si rivolge agli apparecchi "faccia vista" in laterizio e avrà come obiettivo quello di mettere in sicurezza i frammenti in cui si sono suddivisi i laterizi, integrare le eventuali lacune (dovute alla disgregazione, erosione, alveolizzazione del materiale) e, allo stesso tempo, difendere l'apparecchio dagli agenti atmosferici. Sarà un'operazione, sia di consolidamento che di protezione, che dovrà essere, necessariamente, estesa anche alle più piccole lesioni e fratture del mattone, affinché la superficie non abbia soluzioni di continuità e possa, così, opporre alla pioggia ed agli agenti aggressivi ed inquinanti, un corpo solido e compatto.

Previa esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) ed abbondante bagnatura con acqua deionizzata della superficie oggetto d'intervento, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire, al fine di evitare spaccature e lesioni durante la stagionatura e successivi rischi di distacco. L'impasto della malta sarà effettuato seguendo le indicazioni di progetto; in assenza di queste si potrà utilizzare uno stucco a base di grassello di calce (10 parti) caricato con tre parti di polvere di cocciopesto (30 parti); in alternativa il cocciopesto potrà essere sostituito per metà, o del tutto, con pozzolana (rapporto legante-inerte 1:3); questo impasto potrà, eventualmente, essere "aiutato" con una parte di resina acrilica in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante (quantità inferiore al 2%). La stuccatura sarà effettuata utilizzando cazzuolini, cucchiariotto o piccole spatole tipo quelle a foglia d'olivo evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta, sia con gli attrezzi); a tal fine potrà essere conveniente

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 92 di 105

schermare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta, o altro sistema idoneo. Con la spatola si dovrà dare forma alla porzione mancante del mattone costipando il materiale al fine di eliminare sia l'acqua in eccesso, sia di migliorare la compattezza e l'aderenza alla parte sana del laterizio oggetto di intervento.

Dovranno essere effettuate miscele di prova, delle quali si trascriveranno le proporzioni e si prepareranno dei piccoli campioni di malta, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Nel realizzare i provini delle malte bisognerà tener conto di eseguirli molto tempo prima per confrontare i colori dopo la presa e la naturale stagionatura.

In presenza di lievi fessure ovvero sacche intergranulari nel mattone, si potrà ricorrere ad applicare a pennello o mediante iniezioni una boiaccia (miscelata con l'ausilio di frusta da zabaione) simile a quella descritta precedentemente, ma con un rapporto legante-inerte di 1:1 (1000 parti di acqua; 100 parti calce idraulica naturale NHL 2; 100 parti cocciopesto o pozzolana; 10 parti di resina acrilica in emulsione; 1 parte di gluconato di sodio); le cariche saranno superventilate (granulazioni inferiori ai 60 µm). Al fine di favorire l'efficacia dell'assorbimento, in special modo per le iniezioni, si renderà necessario un pre-trattamento della cavità con acqua ed alcool denaturato con l'eventuale aggiunta di dispersione acrilica al 10%.

SPECIFICHE SUL GRASSELLO

Si dovrà cercare di evitare la consuetudine di realizzare grassello semplicemente aggiungendo un'adeguata quantità d'acqua (circa il 20%) alla calce idrata. Così facendo si otterrà un grassello in appena 24 ore ma sarà un prodotto scadente; pertanto, risulterà opportuno utilizzare grassello di calce spenta da almeno dodici mesi al fine di diminuire la possibilità che restino grumi di calce non spenta nella malta.

EVENTUALE INSERIMENTO DI ARMATURA

Nel caso in cui si dovesse operare in cospetto di parti mancanti consistenti si renderà necessario "armare" la stuccatura con rete metallica elettrosaldata a doppia zincatura a maglia stretta (per es., filo 2 mm, maglia 10x10 mm) e/o con perni filettati di acciaio inossidabile (ad es. 2-3 4 mm), preferibilmente di tipo austenitico, della serie AISI 300L (314L o 316L), che presenterà anche buone doti di piegabilità, opportunamente sagomati allo scopo di migliorare l'aderenza al supporto della malta da ripristino. Si eseguiranno i fori per l'inserimento dei perni con trapano a sola rotazione a bassa velocità dopodiché, previa aspirazione degli eventuali detriti con pera di gomma ed iniezione di acqua deionizzata ed alcool, (rapporto 5:1 in volume) si inserirà il perno. In questa operazione si dovrà ricorrere ad ogni accortezza al fine di evitare danni o rotture ai manufatti.

I perni dovranno essere annegati in particolari malte a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 e pozzolana superventilata, rapporto 1:2, con l'eventuale aggiunta di gluconato di sodio (per migliorare la fluidità) ed, eventualmente, di cemento bianco (per aumentare le proprietà meccaniche). In alternativa si potranno utilizzare collanti a base di resine epossidiche a bassa viscosità, esenti da solventi, polimerizzabili a temperatura ambiente ed in presenza di umidità. In ogni caso si utilizzerà un impasto di adeguata tissotropicità o fluidità in relazione alla dimensione e caratteristiche degli elementi da far riaderire.

SPECIFICHE SUI PERNI

Dovrà essere evitato l'uso di metalli facilmente ossidabili come il ferro, il rame e le sue leghe, mentre potranno essere utilizzati con tutta tranquillità perni in titanio o in acciaio inossidabile o, se l'integrazione interessa parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. Il perno dovrà possedere buona stabilità chimica e coefficiente di dilatazione termica lineare il più possibile vicino a quello dei materiali da ripristinare.

TRATTAMENTO FINALE

A presa avvenuta la superficie stuccata dovrà essere trattata con spugna inumidita (esercitando una leggera pressione) con il risultato di arrotondare gli spigoli, compattare lo stucco e, nello stesso tempo, rendere scabra la superficie rendendola simile ai mattoni limitrofi. Allo scopo di rendere l'integrazione non troppo discordante dagli elementi originali, si può trattare la superficie con una patinatura di polvere di pozzolana (per maggiori dettagli si rimanda alla procedura specifica).

12.3.2.2 Stuccatura di elementi lapidei

Lo scopo dell'intervento sarà quello di colmare le lacune e le discontinuità (parziale mancanza di giunti di malta, fratturazione del concio di pietra ecc.) presenti sulla superficie della pietra (qualsiasi sia la loro origine) così da "unificare" la superficie ed offrire agli agenti di degrado (inquinanti atmosferici chimici e biologici, nonché infiltrazioni di acqua) un'adeguata resistenza.

Prima esecuzione delle operazioni preliminari di preparazione (asportazione di parti non consistenti e lavaggio della superficie) e bagnatura con acqua deionizzata, si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati separati e successivi secondo la profondità della lacuna da riempire: per le parti più arretrate sarà consigliabile utilizzare una malta a base di calce idraulica naturale NHL 2 a basso contenuto di sali composta seguendo le indicazioni di progetto e la tipologia di

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 93 di 105

lapideo (ad es. si utilizzeranno, preferibilmente, delle cariche pozzolaniche su materiali di natura vulcanica e degli inerti calcarei se si opererà su pietre calcaree); in assenza di queste si potrà utilizzare, un impasto caricato con una parte di sabbia silicea lavata (granulometria costituita da granuli 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%) ed una parte di cocchiopesto; in alternativa al cocchiopesto si potrà utilizzare pozzolana ventilata (rapporto legante-inerte 1:3). La stuccatura si eseguirà utilizzando piccole spatole a foglia o cazzuolini, evitando con cura di intaccare le superfici non interessate (sia con la malta sia con gli attrezzi); si potranno, eventualmente, mascherare le superfici limitrofe utilizzando nastro di carta. Nel caso occorra preparare una malta particolarmente resistente a compressione si potrà ricorrere all'utilizzo di piccole quantità di cemento bianco esente da gesso e sali solubili; le eventuali quantità dovranno essere limitate in quanto il cemento bianco presenta notevoli ritiri in fase di presa (un sovradosaggio porterebbe a delle malte di eccessiva durezza, ritiro e scarsa permeabilità al vapore acqueo).

La stuccatura di superficie sarà eseguita con grassello di calce (sarà necessario utilizzare grassello ben stagionato, minimo 12 mesi; se non si avrà certezza sulla stagionatura si potrà aggiungere un minimo quantitativo di resina acrilica in emulsione); la carica dell'impasto sarà di pietra macinata (meglio se tritata a mano così da avere una granulometria simile a quella del materiale originale); verrà, preferibilmente, utilizzata la polvere della pietra stessa o, in mancanza di questa, un materiale lapideo di tipologia uguale a quella del manufatto in questione in modo da ottenere un impasto simile per colore e luminosità; potranno essere utilizzate anche polveri di cocchiopesto, sabbie silicee ventilate, pozzolana, o carbonato di calcio: rapporto tra legante-inerte di 1:3 (per es. 1 parte grassello di calce; 1 parte pietra macinata; 2 parti di polvere di marmo fine). Sarà consigliabile tenere l'impasto dello stucco piuttosto asciutto in modo da favorire la pulitura dei lembi della fessura.

In alternativa si potranno effettuare stuccature di superficie invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da elastomeri florurati e polvere della stessa pietra o altra carica con caratteristiche e granulometria simile (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto all'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati).

SPECIFICHE SULLA STUCCATURA

La scelta di operare la stuccatura a livello o in leggero sotto-quadro nella misura di qualche millimetro (così da consentirne la distinguibilità), dovrà rispondere principalmente a criteri conservativi; sovente, infatti, le integrazioni sottolivello creano percorsi preferenziali per le acque battenti innescando pericolosi processi di degrado. Gli impasti dovranno essere concepiti per esplicitare in opera valori di resistenza meccanica e modulo elastico inferiori a quelli del supporto, pur rimanendo con ordini di grandezza non eccessivamente lontani da quelli del litotipo.

ADDITIVI ORGANICI

Le malte utilizzate potranno essere caricate, se le disposizioni di progetto lo prevedono, con additivi organici (in quantità inferiore al 2-5%), quali: resine acriliche in emulsione al 10% in acqua con funzione di fluidificante, o, nel caso d'utilizzo con calce aerea, di colloidale protettore che tende a trattenere l'acqua, così da non far "bruciare" prematuramente la pasta da stucco. Qualora, invece, venga richiesta alla malta una forte adesività strutturale (ad es. per stuccature profonde non esposte ai raggi UV) ed un'alta resistenza meccanica sarà più opportuno impiegare resine termoindurenti come quelle epossidiche. In ogni caso, salvo diverse disposizioni della D.L., il rapporto legante-additivo sarà generalmente 10:1.

COLORE STUCCATURA

Al fine di rendere possibile un'adeguata lettura cromatica si potrà "aiutare" il colore dell'impasto additivandolo con terre colorate e pigmenti (massimo 5% di pigmenti minerali o 10% di terre). Il colore della pietra si raggiungerà amalgamando, a secco, le cariche fino ad ottenere il tono esatto ma più scuro per bilanciare il successivo schiarimento che si produrrà aggiungendo la calce. Effettuate le miscele di prova si dovranno, necessariamente, trascrivere le proporzioni e preparare dei piccoli campioni di malta su mattone o lastra di pietra, così da poterli avvicinare alla superficie da stuccare per la verifica del tono finale. Per tutte quelle stuccature che interesseranno porzioni di muro vaste potrà essere preferibile ottenere una risoluzione cromatica in leggera difformità con la pietra originale.

TRATTAMENTO FINALE

A presa avvenuta, al fine di ottenere una stuccatura opaca, la superficie interessata verrà lavata e/o tamponata (esercitando una leggera pressione) con spugna inumidita di acqua deionizzata, così da compattare lo stucco, far emergere la cromia della punteggiatura ed eliminare eventuali residui di malta.

12.3.2.3 Risarcimento, stilatura giunti di malta

L'intervento prevederà l'integrazione delle porzioni di malta mancanti e sarà eseguito mediante impasti a base di calce con i requisiti di resistenza simili a quelli del materiale originale e con caratteristiche fisiche (tessitura, grana, colore ecc.) simili o discordanti in relazione alle disposizioni di progetto. Lo scopo della rabboccatura sarà quello di preservare le cortine murarie da possibili fenomeni di degradazione e di restituire continuità alla tessitura, al fine di evitare infiltrazioni

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 94 di 105

od attacchi di vegetazione infestante, accrescendone le proprietà statiche. L'operazione di stillatura dovrà essere evitata (previa rimozione) su manufatti saturi di sali, in particolare in presenza di estese efflorescenze saline, ovvero di muffe, polveri o parti non solidali che potrebbero impedire la solidificazione della malta tra gli elementi.

Previa esecuzione delle verifiche e delle operazioni preliminari (asportazione parti non consistenti e lavaggio della superficie) la procedura prevederà l'abbondante bagnatura con acqua pulita (specialmente se il substrato è particolarmente poroso) del giunto, così da garantire alla malta originale ed alle superfici limitrofe l'utile saturazione, basilare per evitare che si verifichi l'assorbimento del liquido dalla nuova malta compromettendone la presa. Una volta inumidito il giunto si effettuerà l'applicazione dell'impasto in strati successivi secondo la profondità e la lunghezza della lacuna da riempire. Per l'impasto, seguendo le disposizioni di progetto, si potranno utilizzare appositi formulati costituiti da calce idraulica, grassello di calce, sabbie od altri aggregati minerali di granulometria nota; per le parti più arretrate sarà opportuno utilizzare un impasto a base di calce idraulica naturale NHL 3,5 (ottenuta per calcinazione a bassa temperatura, esente da sali solubili, con un'ottima permeabilità al vapore) e sabbia di fiume vagliata (granulometria 0,5-1,5 mm). In alternativa alla sabbia si potranno utilizzare altre cariche quali pozzolana o cocchiopesto (cocchio macinato disidratato ricavato dalla frantumazione d'argilla cotta a basse temperature); in ogni caso il rapporto legante inerte sarà sempre di 1:2. Questo strato di "fondo" si effettuerà utilizzando cazzuolino, cucchiariotto o una piccola spatola metallica facendo attenzione a non "sporcare" le superfici non interessate. A questo scopo sarà conveniente proteggere, preventivamente, con idonea pellicola protettiva (ad es. nastro di carta adesivo) o con teli di nylon, sia le superfici lapidee o laterizie dei conci che delimitano il giunto d'allettamento, sia gli eventuali serramenti od elementi ornamentali prossimi alla zona d'intervento. Per la stilatura di finitura si potrà utilizzare un impasto a base di grassello di calce; la carica dell'impasto potrà essere di pietra macinata, sabbia di fiume fine (granulometria 0,5-0,8 mm) o, in caso di apparecchio in laterizi, polvere di cotto macinato: rapporto tra legante-inerte di 1:3. La scelta degli inerti sarà dettata dalle analisi preventive effettuate su materiali campione, e dalla risoluzione cromatica che si vorrà ottenere in sintonia o in difformità con le malte esistenti.

Dopo un periodo di tempo sufficiente a consentire un primo indurimento dell'impasto si provvederà a "stringere" la malta mediante una leggera pressione della mano o della punta della cazzuola, così da compattarla e renderla più solida. Questa operazione andrà ripetuta dopo circa 5-6 ore d'estate e dopo 24 ore d'inverno nell'arco di mezza giornata fino a che il giunto apparirà coeso e senza cretti.

Se gli elaborati di progetto richiederanno un giunto con finitura scabra si potrà intervenire sulla malta della stillatura (appena questa abbia "tirato" ma sia ancora modellabile) "segnandola" con spazzola di saggina o tamponandola con tela di Juta ruvida. Si ricorda che la spazzola non dovrà essere strofinata sulla superficie, ma battuta leggermente, altrimenti si rischierà di danneggiare la rabbocatura. Saranno da evitare spazzole di ferro in quanto si potrebbero danneggiare il giunto ed i supporti limitrofi.

SPECIFICHE

A seconda delle disposizioni di progetto l'operazione di integrazione-risarcitura potrà essere più o meno connotata; si potrà, infatti, eseguire una stilatura dei giunti seguendo il filo esistente oppure eseguirla in leggero sottofilo od, ancora, sfruttando la granulometria ed il colore degli inerti si potrà ottenere un risultato mimetico o di evidente contrasto tra la vecchia e la nuova malta.

Nel caso in cui il progetto preveda una risarcitura "mimetica" si dovrà porre particolare attenzione nell'individuazione della composizione e colorazione specifica della malta che dovrà accordarsi, mediante la cromia dell'impasto e la granulometria degli aggregati, una volta applicata ed essiccata, alla granulometria delle malte di supporto, considerando le diverse gradazioni cromatiche e caratteristiche tessiturali presenti nell'apparecchio murario dovute al diverso orientamento, esposizione agli agenti atmosferici ed alla presenza di materiali diversi.

TRATTAMENTO FINALE

L'operazione di stuccatura si completa con spugna ed acqua deionizzata per eliminare i segni della spazzola, far risaltare le dimensioni e la cromia dell'aggregato e per togliere le eventuali cariche distaccate che potrebbero conferire al giunto asciutto un aspetto polverulento.

12.3.2.4 Malte da restauro

Malte da stuccatura o da ripristino (integrazioni, rappezzi ecc.) ovverosia impasti costituiti da un legante (calce aerea, calce idraulica naturale, cemento bianco) e da acqua, oppure da un legante, da acqua e da un inerte (sabbia, pietra macinata, polvere di marmo, cocchiopesto, pozzolana ecc.) in rapporto variabile, da 1:3 a 1:1, secondo le prescrizioni di progetto ovvero a seconda delle caratteristiche che si vogliono conferire alla malta (maggiore resistenza, maggiore lavorabilità). In linea generale le malte da utilizzare per le procedure di restauro dovranno essere confezionate in maniera analoga a quelle esistenti, per questo motivo saranno necessarie una serie di analisi fisico-chimiche,

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 95 di 105

quantitative e qualitative sulle malte esistenti, in modo da calibrare in maniera ideale le composizioni dei nuovi agglomerati.

La malta dovrà presentarsi più o meno fluida a seconda dell'uso specifico e a seconda della natura dei materiali da collegare, in linea generale è buona norma che l'acqua utilizzata sia quella strettamente necessaria per ottenere un impasto omogeneo. L'impasto delle malte, eseguito con idonei mezzi meccanici o manualmente (da preferire per impasti di modesta quantità ma molto specifici) dovrà risultare omogeneo e di tinta uniforme. I vari componenti, con l'esclusione di quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno essere ad ogni impasto misurati preferibilmente sia in peso che a volume. Nel caso in cui la malta preveda l'uso di grassello di calce, questo dovrà essere "stemperato" e ridotto in pasta omogenea prima di incorporarvi l'inerte; nel caso in cui si preveda un impasto con più leganti, sarà necessario impastare precedentemente i leganti tra loro e solo successivamente aggiungere gli aggregati, dando tra questi, la precedenza a quelli di granulometria più minuta.

La malta potrà essere eventualmente caricata da pigmenti o terre coloranti (massimo 5% di pigmenti minerali ricavati dalla macinazione di pietre o 10% di terre) e/o da additivi di vario genere (fluidificanti, aeranti ecc.). Nel caso in cui il pigmento dovesse essere costituito da pietra macinata o da polvere di cocciopesto, questo potrà sostituire parzialmente o interamente l'inerte.

Se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto o dalla D.L. gli impasti impiegati in operazioni di restauro dovranno possedere le seguenti caratteristiche:

presentare un'ottima compatibilità chimico-fisica sia con il supporto sia con le parti limitrofe. La compatibilità si manifesterà attraverso il coefficiente di dilatazione, la resistenza meccanica e lo stato fisico dell'impasto (granulometria inerte, tipologia di legante ecc.);

presentare una resistenza minore degli elementi da collegare così da evitare un'eventuale disomogeneità che potrebbe essere la causa di fessurazioni nelle strutture;

avere una consistenza tale da favorire l'applicazione;

aderire alla struttura muraria senza produrre effetto di *slump* e legarsi opportunamente a questa durante la presa;

essere sufficientemente resistente per far fronte all'erosione, agli inconvenienti di origine meccanica e agli agenti degradanti in genere;

contenere il più possibile il rischio di cavillature (dovrà essere evitato l'utilizzo di malte troppo grasse);

opporsi al passaggio dell'acqua, non realizzando un rivestimento di sbarramento completamente impermeabile, ma garantendo al supporto murario la necessaria traspirazione dall'interno all'esterno;

presentare un aspetto superficiale uniforme in relazione alle tecniche di posa utilizzate.

SPECIFICHE

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 qualche ragione immediato impiego, dovranno essere gettati a rifiuto.

Campi di impiego

Le malte da restauro, a seconda del loro impiego, potranno essere classificate in:

malte per restauro di apparecchi murari: ossia allettamento di elementi lapidei, stilatura e/o rabbocatura dei giunti, riempimento dei vuoti o di soluzioni di continuità dell'organismo murario, protezione delle creste dei muri;

malte per restauri di intonaci: ossia rappezzi e/o integrazioni di porzioni di intonaco con eventuale, se presente, riproposizione dei diversi strati;

malte per applicazione di rivestimenti (musivi e pavimenti ecc.);

malte per il restauro di decorazioni: ossia impasti per integrazione di elementi architettonici plastici a rilievo;

malte per stuccature e sigillature: ossia impasti per il riempimento di lesioni, fratture, modeste mancanze;

malte per iniezione: ossia malte fluide caratterizzate da bassa viscosità applicabili a bassa pressione attraverso soluzioni di continuità o fori di modeste dimensioni con la finalità di riempire vuoti non superficiali o allo scopo di far aderire tra loro strati diversi.

Le malte da restauro dovranno essere conformi alle prescrizioni dettate dalle Raccomandazioni NorMaL 26/87 "Caratteristiche delle Malte da Restauro" e alle norme UNI 11088:2003, Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di specie solubili, UNI EN 11089:2003 Beni Culturali – Malte storiche e da restauro. Stima della composizione di alcune tipologie di malte; UNI EN 990:2004 "Specifiche per malte per opere murarie – parte 1: malte da intonaco e parte 2: malte da muratura.

12.4 CONSOLIDAMENTI

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 96 di 105

12.4.1 Premessa metodologica

Gli interventi di consolidamento operati sui materiali lapidei devono essere mossi dalla volontà di ristabilire una continuità, alterata a causa dei diversi fenomeni di degrado tra la parte esterna del materiale e quella più interna, in modo da poter garantire una coesione materica capace di eliminare le differenze fisico-meccaniche che si sono generate tra i vari strati. Le operazioni di consolidamento devono, infatti, assicurare l'adesione del materiale danneggiato a quello sano in modo da ristabilire un equilibrio strutturale capace di assicurare un comportamento solidale nei confronti delle diverse sollecitazioni e, allo stesso tempo, permettere di fronteggiare le condizioni al contorno; il fine è quello di ripristinare la resistenza meccanica originale del materiale sano, evitando, per questo, interventi eccessivi che potrebbero alterare la costituzione intrinseca della struttura con effetti, a lungo termine, difficilmente prevedibili.

L'intervento di consolidamento di un apparecchio murario risulta particolarmente complesso poiché, la sua reale efficacia è relazionata alla conoscenza di diversi fattori tra i quali: la natura dei materiali, i cambiamenti riconducibili al naturale invecchiamento della struttura, le diverse patologie di degrado compresenti, lo stato conservativo e le sollecitazioni in atto. Definito il quadro conoscitivo della struttura è importante stabilire se è realmente possibile eliminare le cause che hanno provocato le patologie degeneranti; contrariamente l'intervento di consolidamento non potrà essere considerato risolutivo e duraturo nel tempo. L'analisi puntuale della struttura deve servire al fine di evitare operazioni generalizzate a tutta la superficie; alle diverse problematiche riscontrate deve corrispondere un intervento specifico opportunamente testato, prima della messa in opera, su appositi provini campioni in *situ* al fine di comprovarne la reale efficacia e, allo stesso tempo, rilevare l'eventuale insorgenza di effetti collaterali.

L'operazione di consolidamento dei materiali lapidei si concretizza impregnando il materiale in profondità, al fine di evitare la formazione di uno strato superficiale resistente sovrapposto ad uno degradato, con sostanze di varia natura (organiche e/o inorganiche) applicate utilizzando diversi strumenti a seconda dei casi specifici (pennelli, spatole, impacchi, siringhe ecc.); la riuscita dell'intervento dipende sia dalla sostanza utilizzata sia dalla sua corretta modalità di applicazione. È opportuno ricordare che la sostanza consolidante deve essere compatibile con la natura del materiale per modulo di elasticità e di dilatazione termica così da non creare traumi interni alla struttura, inoltre deve essere in grado di ostacolare l'aggressione degli agenti patogeni. Il materiale introdotto non deve saturare completamente i pori così da non alterare i valori di permeabilità al vapore propri del materiale.

È buona norma inserire all'interno dei programmi di manutenzione, postumi all'intervento di conservazione, dei controlli periodici mirati alla verifica dell'effettiva validità delle operazioni di consolidamento in modo da poter realizzare il monitoraggio nel tempo e testarne il comportamento.

12.4.2 Operazioni di consolidamento di materiali lapidei

12.4.2.1 Generalità

Le procedure di consolidamento risultano essere sempre operazioni particolarmente delicate, e come tali, necessitano di un'attenta analisi dello stato di fatto sia dal punto di vista della conservazione dei materiali sia del quadro fessurativo, così da poter comprendere a fondo e nello specifico la natura del supporto e le cause innescanti le patologie di degrado; in riferimento a queste analisi si effettuerà la scelta dei prodotti e delle metodologie di intervento più idonee; ogni operazione di consolidamento dovrà essere puntuale, mai generalizzata; sarà fatto divieto di effettuare qualsiasi procedura di consolidamento o, più in generale, utilizzare prodotti, anche se prescritti negli elaborati di progetto, senza la preventiva esecuzione di campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L.; ogni campione dovrà, necessariamente, essere catalogato ed etichettato; sull'etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzati, le modalità ed i tempi di applicazione.

Ad operazione eseguita dovrà, sempre, essere verificata l'efficacia, tramite prove e successive analisi, anche con controlli periodici cadenzati nel tempo (operazioni che potranno essere inserite nei programmi di manutenzione periodica post-intervento). I consolidamenti che si potranno realizzare sono diversi:

- **consolidamento coesivo**, il prodotto consolidante verrà applicato localmente o in modo generalizzato sulla superficie del materiale (consolidamento corticale) per ristabilire la coesione di frazioni degradate con gli strati sani sottostanti: l'obiettivo che si porrà sarà di ristabilire con un nuovo prodotto il legante degradato o scomparso. Le sostanze consolidanti potranno essere leganti dello stesso tipo di quelli contenuti nel materiale (consolidanti inorganici o a base di silicio), oppure sostanze sintetiche (consolidanti organici) estranee alla composizione originaria del materiale ma comunque in grado di migliorarne le caratteristiche fisiche; di norma si realizzerà con impregnazione fino al rifiuto;
- **consolidamento adesivo**, con questo termine s'intenderà un'operazione di "rincollaggio" di rivestimenti distaccati dal loro supporto originale come, ad esempio, un frammento di pietra o uno strato di intonaco per i quali si renderà necessario ristabilire la continuità fra supporto e rivestimento. Questo tipo di consolidamento avverrà tramite

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 97 di 105

iniezioni di malte fluide o resine acriliche in emulsione ovvero, con ponti di pasta adesiva a base di calce idraulica o resina epossidica. Sarà obbligatorio verificare, anche sommariamente, il volume del vuoto da riempire al fine di scegliere la giusta "miscela" da iniettare. Cavità piuttosto ampie dovranno essere riempite con malte dense e corpose; al contrario, modeste cavità necessiteranno di betoncini più fluidi con inerti piuttosto fini.

12.4.2.2 Fissaggio e riadesione di elementi sconnessi e distaccati (mediante perni)

La procedura ha come obiettivo quello di far riaderire parti in pietra staccate o in fase distacco mediante idonei adesivi sia a base di leganti aerei ed idraulici (calci) sia leganti polimerici (soprattutto resine epossidiche). Si ricorrerà a questa procedura allorché si dovranno incollare, o meglio far riaderire, piccole scaglie di materiale, porzioni più consistenti, riempire dei vuoti o tasche associate a un distacco di strati paralleli alla superficie esterna della pietra (dovuti, ad es. a forti variazioni termiche). 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.

Nel caso di interventi su manufatti e superfici particolarmente fragili e degradate e su frammenti molto piccoli, l'adesivo dovrà presentare una densità e un modulo elastico il più possibile simile a quello del o dei materiali da incollare, in modo tale che la sua presenza non crei tensioni tra le parti; per la riadesione di pellicole pittoriche, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, sarà opportuno utilizzare un'emulsione acrilica (tipo *Primal*) al 2-3% diluita in alcool incolore stesa a pennello a setola morbida.

Allorché si dovranno riaderire dei frammenti o porzioni più consistenti, sarà preferibile inserire adeguati sistemi di supporto costituiti da perni in acciaio inossidabile AISI 316L (minimo 4 mm), in titanio o, se l'incollaggio interesserà parti non sottoposte a particolari sollecitazioni meccaniche, barre in vetroresina. La procedura operativa seguirà quella descritta nell'articolo sulle stuccature degli elementi lapidei.

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. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, 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%.

In ogni caso si ricorrerà ad un impasto d'adeguata tissotropicità 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.

Al fine di coprire gli eventuali ponti di resina epossidica, stesi per il consolidamento, si potrà utilizzare un betoncino elastico del colore simile al supporto originario, ottenuto dall'impasto fra polvere della stessa pietra e da un legante fluorurato al 10% in acetone. La preparazione dell'impasto, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, avverrà amalgamando una parte in peso di prodotto con 0,75 parti d'inerte della stessa granulometria e colore dell'originale (in alternativa si potrà utilizzare sabbia silicea con granulometria tra 0,10-1,5 mm e aiutare il colore con pigmenti in polvere) mescolando bene fino ad ottenere una consistenza simile ad una malta. Sarà consigliabile non preparare grandi quantità di stucco al fine di evitare la presa prima della completa messa in opera, sarà, inoltre, consigliabile non eseguire alcun intervento sulla stuccatura prima di un'ora dalla stesura dello stucco. Il prodotto sarà completamente reversibile tramite acetone.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

Gli adesivi epossidici (ovvero resine utilizzate come leganti per ricongiungere frammenti distaccati), normalmente utilizzabili, saranno liquidi con indurente a lenta o a rapida reattività (da utilizzare per consolidamenti o più spesso per intasamento delle fessure o per impernature) o in pasta lavorabili con indurente a lenta o a rapida reattività (per stuccature, ponti di adesione, piccole ricostruzioni e fissaggio perni); in questo secondo caso si provvederà ad intervenire, in fase di formulazione, aggiungendo additivi tissotropizzanti. Di norma questi adesivi saranno totalmente esenti da solventi, non subiranno ritiro durante l'indurimento e grazie alla loro natura tixotropica potranno essere facilmente applicabili anche su superfici verticali in consistenti spessori.

Resine poliesteri derivate dalla reazione di policondensazione dei glicoli con gli acidi bi-basici insaturi o loro anidridi. Prima dell'indurimento potranno essere impastati con fibre di vetro o sintetiche, così da migliorare la resistenza dei prodotti finali. Come riempitivi possono essere usati polveri di varia granulometria di calcari, gesso, o sabbie. La resistenza a raggi solari e UV è abbastanza bassa, specialmente per prodotti reticolari con monomeri aromatici, mentre

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	98 di 105

la resistenza meccanica e le proprietà adesive sono abbastanza buone. La resina potrà presentare un certo ritiro del volume (sino ad 8-10%) che la rende non proprio adatta per riempire le fessure del materiale lapideo, al contrario potranno essere utilizzate come collanti per congiungimenti o fissaggio di perni, barre filettate, tiranti ecc. anche se sarà necessario evitare che la resina raggiunga la superficie estrema poiché per esposizione alla luce darebbe marcate variazioni di colore. Orientativamente il pot life a 20 °C sarà di circa 5-7 minuti e il tempo di fissaggio intorno ai 40-60 minuti.

Copolimeri fluorurati, legante incolore elastomerico per stuccature, dotato di notevole elasticità alle dilatazioni, isola in maniera efficace la fessura o rottura da stuccare. L'elevata inerzia chimica anche verso aggressivi molto energici, la stabilità termica ed alla radiazioni, oltre alla permeabilità all'aria e alla reversibilità in acetone anidro, lo rendono particolarmente adatto su supporti lapidei.

12.4.2.3 Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici

La procedura di impregnazione può essere eseguita su manufatti in pietra, intonaco, laterizio e legno allorché si renda necessario garantire il consolidamento non solo corticale ma anche in profondità. Questa procedura si basa sul principio fisico della capillarità, ovverosia la capacità dei fluidi in genere (i liquidi in particolare), di riuscire a penetrare naturalmente per adesione dentro lo spazio tra due superfici molto vicine di una cavità. Grazie all'impiego di sostanze organiche, che penetreranno all'interno del manufatto, si potranno ristabilire o migliorare sia le proprietà fisiche (riduzione della porosità e aumento della coesione) sia meccaniche (incremento della resistenza a compressione) dei materiali trattati. Il consolidante entrerà all'interno del manufatto, in una prima fase, per capillarità e solo in un secondo tempo si distribuirà per diffusione; al fine di permettere questa seconda fase che, sovente, si sviluppa molto lentamente è opportuno che il prodotto scelto non polimerizzi troppo velocemente così da poter riuscire a diffondersi in maniera uniforme nel manufatto. I parametri da valutare prima di iniziare la procedura sono:

- viscosità del fluido consolidante;
- diametro dei pori e dei capillari e loro distribuzione all'interno dell'elemento da trattare;
- bagnabilità del materiale.

La procedura d'intervento varierà in ragione del consolidante indicato dagli elaborati di progetto (silicato di etile, resine acriliche in dispersione o in soluzione, fluoroelastomeri ecc.) in ogni caso saranno necessarie alcune operazioni preliminari comuni a tutti i trattamenti. Prima di iniziare il trattamento sarà opportuno eseguire delle campionature al fine di valutare la quantità di consolidante (percentuale di diluizione e scelta del solvente), la riuscita della procedura e la reale penetrazione di impregnazione; inoltre dovranno essere predisposte opportune protezioni sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante.

Qualsiasi trattamento consolidante prescelto dovrà essere applicato su superficie perfettamente pulita e sgrassata (in modo da evitare che depositi superficiali impediscano la penetrazione) così come, in presenza di scaglie in fase di distacco o superfici particolarmente decoese, sarà indispensabile effettuare un preconsolidamento al fine di evitare che l'eventuale passaggio ripetuto del pennello possa rimuovere tali frammenti.

La procedura di consolidamento per impregnazione dovrà essere ripetuta più volte (in genere non più di 5 passaggi) fino ad ottenere la saturazione dell'elemento (fino "a rifiuto") in ragione sia del fluido prescelto sia, soprattutto, della porosità del materiale oggetto di intervento. La scarsa penetrabilità dei materiali poco porosi dovrà essere ovviata con passaggi alternati di soluzione diluita e nebulizzazione di solvente puro (in tal modo si faciliterà l'ingresso della soluzione consolidante e, nello stesso tempo, si ridurrà al minimo l'effetto bagnato) oppure ricorrendo all'impiego di soluzioni particolarmente diluite, aumentando gradualmente la concentrazione nelle ultime mani. La procedura dovrà, comunque, essere operata per zone limitate e non simultaneamente su tutta la superficie al fine di agevolare la fuoriuscita dell'aria dall'interno dei fori e dalle discontinuità presenti nel manufatto così da migliorare la penetrazione e la distribuzione interna del consolidante.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

Tra i materiali consolidanti utilizzabili con questa tecnica il silicato di etile (si veda l'articolo specifico), le resine acriliche (in emulsione o in soluzione), le resine acrilico-siliconiche, le emulsioni acquose di silicato di potassio e i silossani oligomerici in solventi organici sono i prodotti più versatili e di conseguenza più comunemente utilizzabili. La scelta, in ogni caso, dovrà essere fatta in ragione delle problematiche e del materiale riscontrato.

I prodotti impregnanti da impiegarsi per il consolidamento e/o la protezione dei manufatti architettonici od archeologici, salvo eventuali prescrizioni o specifiche inerenti il loro utilizzo, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

- a) elevata capacità di penetrazione nelle zone carenti di legante;
- b) resistenza chimica e fisica agli agenti inquinanti ed ambientali;

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 99 di 105

- c) spiccata capacità di ripristinare i leganti tipici del materiale oggetto di intervento senza dar vita a sottoprodotti di reazione pericolosi (quali ad es. sali superficiali);
- d) capacità di fare traspirare il materiale così da conservare la diffusione del vapore;
- e) penetrazione in profondità così da evitare la formazione di pellicole in superficie;
- f) "pot-life" sufficientemente lungo tanto da consentire l'indurimento solo ad impregnazione completata;
- g) perfetta trasparenza priva di effetti traslucidi;
- h) spiccata capacità a mantenere inalterato il colore del manufatto;
- i) presentare un coefficiente di dilatazione termica simile a quello del materiale da consolidare al fine di evitare fenomeni di fessurazione che costituirebbero vie preferenziali per l'ingresso dell'acqua e di possibili distacchi.

12.4.2.4 Consolidamento mediante impregnazione a pennello, tampone o rullo

Di norma è la tecnica più usuale per eseguire il consolidamento per impregnazione; ci si servirà di pennelli a setola morbida di medie dimensioni, rulli, o tamponi (in questo caso gli stracci o i tamponi saturi di prodotto dovranno essere mantenuti in contatto prolungato al fine di assicurare l'assorbimento nella superficie). L'applicazione dovrà procedere dall'alto verso il basso per settori omogenei con uso di addetti in numero appropriato alla natura e alla tipologia del manufatto; tra una mano e l'altra il prodotto non dovrà essere lasciato asciugare. Sarà opportuno che gli attrezzi (pennelli, rulli o tamponi) siano sempre ben puliti (sarà, pertanto, consigliabile lavarli spesso) e il consolidante non sia "contaminato" d'eventuali residui rimasti sul pennello o rullo da trattamenti operati su aree limitrofe. Nel caso di consolidamenti di superfici lapidee particolarmente disgregate ed esfoliate (specialmente su pietre arenarie come ad es. pietra serena, pietra forte ecc.) o pellicole pittoriche in fase di distacco, l'impregnazione risulterà più efficace se eseguita "attraverso" una velatura provvisoria della zona da trattare utilizzando fogli di carta giapponese, precedentemente fissata con resina acrilica in soluzione (ad es. al 10-20% p/v, in solvente volatile come acetone o diluente nitro).

12.4.3 Consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione con consolidanti organici

12.4.3.1 Consolidamento (riagggregazione) mediante silicato di etile

Un buon consolidante per laterizi decoesi o pietre arenarie e silicatiche, da applicare su superfici assolutamente asciutte, è il silicato di etile composto da esteri etilici dell'acido silicico: monocomponente fluido, incolore, a bassa viscosità, si applicherà in solvente organico (ad es. metil etil chetone), in percentuali (in peso) comprese fra 60% e 80%. Al fine di stabilire la quantità di prodotto da utilizzare si renderanno necessari piccoli test da eseguirsi su superfici campione; questi test serviranno, inoltre, da spia per determinare l'eventuale alterazione dell'opacità della pietra e della sua tonalità durante e subito dopo il trattamento. In linea generale si potrà utilizzare una quantità pari a 500-600 g/m² per il consolidamento di apparecchi in cotto e 300-400 g/m² per superfici intonacate con malta di calce.

Il silicato di etile, precipitando a seguito di una reazione spontanea con l'umidità atmosferica, libererà, come sottoprodotto, alcool etilico che evaporerà con i solventi impiegati nella soluzione, pertanto l'uso di questo consolidante, presenterà il vantaggio di far sì che, nella pietra trattata, oltre all'acido silicico non rimangano altre sostanze che potrebbero in qualche forma (ad esempio efflorescenze) danneggiare l'aspetto e soprattutto le caratteristiche del materiale lapideo consolidato; la reazione si completerà nell'arco di 2 o 3 settimane in ragione delle condizioni atmosferiche, della porosità del materiale, della sua natura e struttura chimica ecc. Il trattamento potrà essere eseguito a pennello, a spruzzo mediante irroratori a bassa pressione (massimo 0,5 bar), per percolazione, a tampone mediante spugne (nel caso di manufatti modellati tipo le volute dei capitelli) o per immersione (esclusivamente per piccoli manufatti mobili); la superficie da trattare andrà completamente saturata "sino a rifiuto", evitando però eventuali accumuli di prodotto sulla superficie; nel caso in cui dopo il trattamento il supporto rimanesse bagnato o si presentassero raccolte in insenature si dovrà procedere a rimuovere l'eccedenza con l'ausilio di tamponi asciutti o inumiditi con acetone o diluente nitro. Solitamente sarà sufficiente un solo ciclo di applicazione, ma se sarà necessario e solo dietro specifica autorizzazione della D.L., sarà possibile ripetere il trattamento dopo 2 o 3 settimane.

Questo tipo di consolidante si rivelerà molto resistente agli agenti atmosferici e alle sostanze inquinanti, non verrà alterato dai raggi ultravioletti e presenterà il vantaggio di possedere un elevato potere legante (dovuto alla formazione di silice amorfa idrata) soprattutto nei confronti di materiali lapidei naturali contenenti silice anche in tracce, quali arenarie, tufi, trachiti, ma anche su altri materiali artificiali quali mattoni in laterizio, terracotte, intonaci, stucchi; risultati positivi potranno essere ottenuti anche su materiali calcarei (ad es. pietra leccese, pietra di Vicenza ecc.). Tale prodotto non risulta idoneo per il trattamento consolidante di superfici in gesso o di pietre gessose.

La natura chimica dei silicati sarà tale per cui potranno esercitare soltanto un'azione consolidante, ma non avranno alcun effetto protettivo nei riguardi dell'acqua, pertanto, al trattamento di superfici esterne con un silicato, generalmente, si dovrà far seguire l'applicazione di una sostanza idrorepellente, salvaguardando le caratteristiche di traspirabilità e di

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 100 di 105

permeabilità al vapore acqueo dei materiali lapidei, garantendo la conservazione nel tempo, nel rispetto della loro fisicità (per maggiori dettagli sulle procedure di protezione si rimanda agli articoli specifici).

AVVERTENZE

Si rivelerà di fondamentale importanza non esporre le superfici da trattare all'irraggiamento del sole né procedere all'applicazione su superfici riscaldate dai raggi solari; sarà pertanto cura degli operatori proteggere le superfici mediante opportune tende parasole; l'impregnazione con silicato di etile sarà, inoltre, da evitare (se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto) nel caso in cui il materiale da trattare non sia assorbente, in presenza di temperatura troppo alta (>25 °C) o troppo bassa (< 10 °C), con U.R. non superiore al 70% o se il manufatto trattato risulti esposto a pioggia nelle quattro settimane successive al trattamento; pertanto in caso di intervento su superfici esterne, si renderà necessaria la messa in opera di appropriate barriere protettive.

Indicativamente per una soluzione contenente il 60% in peso di estere etilico dell'acido silicico su supporti in medio stato di conservazione si potranno effettuare i seguenti consumi al metro quadrato: intonaco da 0,3 a 0,5 l/m²; pietre porose e tufi da 0,5 a 2,5 l/m²; laterizi da 0,6 a 3,0 l/m²; pietre arenarie da 0,8 a 3,5 l/m².

12.4.3.2 Sigillatura materiali lapidei (mediante resine sintetiche)

La procedura prevederà l'esecuzione di stuccature delle soluzioni di continuità mediante intasamento eseguito con iniezione, colatura o spatola in profondità di miscela adesiva costituita da polimeri sintetici acrilici in soluzione, o in emulsione, caricata con carbonato di calcio o polvere di pietra macinata (in alternativa si potranno utilizzare polveri di cocciopesto o cariche pozzolaniche); le resine acriliche non potranno, causa la loro natura termoplastica, essere impiegate come adesivi strutturali, pertanto se si rendesse necessario effettuare una sigillatura con tale caratteristica sarà opportuno ricorrere ad un adesivo epossidico bicomponente (componente A = resina, componente B = indurente; i più utilizzati sono indurenti che reagiscono a temperatura ambiente come gli amminici o ammidici, il rapporto tra A e B sarà variabile da 1:1 a 1:4) esente da solventi, dietro specifica indicazione di progetto, il composto potrà essere caricato con sabbia silicea (granulometria massima 0,3 mm), filler, quarzo. I rinforzanti da impiegare per la formazione di betoncini di resina dovranno avere un tasso d'umidità in peso non superiore allo 0,09% ed un contenuto nullo d'impurità o di sostanze inquinanti; salvo diverse prescrizioni di progetto, 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%. Normalmente il composto di resina epossidica verrà preparato a piè d'opera e, a seconda del tipo di impasto (fluido, colabile, tissotropico), in relazione alle necessità di progetto, potrà essere applicato a pennello con setole rigide, con iniettori, o con spatole, in ogni caso sotto scrupoloso controllo dal momento che presenta, generalmente, un limitato tempo pot-life. Nel caso in cui si prevederà, invece, l'utilizzo di composti a base di resina acrilica, se non diversamente specificato dagli elaborati di progetto, si utilizzerà lattice acrilico aggiungendo al lattice non diluito una quantità adeguata di carbonato di calcio sino a rendere la maltina estruibile.

La procedura prevederà, dopo le opportune operazioni preliminari di pulitura, eventuale preconsolidamento di parti particolarmente decoese o distaccate, la predisposizione di opportune protezioni (ad es. delimitazione con nastro di carta) sulle superfici limitrofe a quelle da consolidare, in modo da evitare che queste vengano a contatto con il prodotto consolidante e l'esecuzione di idonee campionature al fine di valutare la quantità e la tipologia del consolidante. Eseguite tutte queste operazioni si potrà procedere alla sigillatura in profondità delle soluzioni di discontinuità mediante l'utilizzo di siringhe o piccole spatole secondo le dimensioni delle fessurazioni da sigillare e le specifiche di progetto, in ogni caso la resina dovrà penetrare fino a rifiuto nel vuoto da colmare tra le facce e tra i frammenti destinati a combaciare nella nuova unione. Durante la procedura sarà opportuno che siano controllate eventuali vie di fuga che potrebbero far percolare il materiale intromesso (specialmente se verrà fatto uso di resine epossidiche), in tal caso si renderà necessaria l'immediata rimozione con spugne o tamponi umidi se si utilizzeranno maltine a legante acrilico, con acqua e detergenti idonei (ovvero seguendo scrupolosamente le indicazioni del produttore della resina) se invece si utilizzeranno adesivi epossidici. Una volta che sarà verificato "l'intasamento" della fessurazione si potrà passare alla realizzazione di stuccature di superficie, costituite da malte a base di leganti idraulici naturali a basso contenuto di sali, sabbie silicee vagliate e lavate (granulometria 0-1,2 mm), eventuali additivi polimerici, terre colorate o pietre macinate, in ogni caso eseguite seguendo la procedura descritta nell'articolo sulle stuccature di materiali lapidei.

In alternativa si potranno effettuare delle stuccature invisibili utilizzando idoneo stucco costituito da copolimeri fluorurati ovvero legante incolore elastomerico per stuccature e polvere della stessa pietra, utili anche a coprire micro lesioni o fori di trapani (per maggiori dettagli si rimanda a quanto detto nell'articolo sul fissaggio e riadesione d'elementi sconnessi e distaccati).

AVVERTENZE

Il rapporto di miscelazione tra resina ed indurente andrà accuratamente rispettato, gli errori di dosaggio tollerabili non

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 101 di 105

dovranno essere superiori al $\pm 5\%$. La miscelazione dei componenti andrà eseguita preferibilmente con miscelatore meccanico e andrà prolungata fino a che non si sarà certi di aver ottenuto una perfetta omogeneità.

SPECIFICHE SUI MATERIALI

Le resine epossidiche, prodotti termoidurenti (molecole tridimensionali) sono ottenute dalla formazione di catene con due tipi di molecole con un gamma illimitata di variazioni possibili (questa caratteristica fa sì che non esista un solo tipo di resina epossidica, ma svariati formulati epossidici che cambiano di volta in volta le proprie caratteristiche a seconda sia del rapporto resina-indurente sia degli eventuali additivi plastificanti, fluidificanti, acceleranti ecc.) e presentano il vantaggio di poliaddizionarsi senza produrre sottoprodotti che porterebbero ad un aumento di volume. Si distinguono dalle resine acriliche per l'elevato potere collante che ne giustifica l'uso come adesivo strutturale; presentano una buona resistenza chimica (soprattutto agli alcali), resistono molto bene all'acqua ed ai solventi organici. I maggiori pregi delle resine epossidiche risiedono nelle loro elevate proprietà meccaniche (resistenze a compressione, a trazione, a flessione), nella perfetta adesione al supporto e nel ritiro molto limitato durante l'invecchiamento; gli svantaggi sono riconducibili alla difficoltà di penetrazione (dovuta all'elevata viscosità), alla bassa resistenza al calore ed ai raggi ultravioletti (con i conseguenti fenomeni d'ingiallimenti e sfarinamento superficiale).

Per le resine acriliche si rimanda alle specifiche dell'articolo sul consolidamento mediante impregnazione.

Per i copolimeri fluorurati si rimanda alle specifiche dell'articolo sul fissaggio e riadesione di elementi sconnessi.

12.5 PROTEZIONI

12.5.1 Premessa metodologica

Gli interventi di protezione devono assolvere principalmente il ruolo di salvaguardare il materiale dall'aggressione degli agenti naturali esterni (infiltrazioni d'acqua, depositi superficiali di sostanze nocive ecc.) e/o di natura antropica, ricorrendo all'uso di tecniche consone ad ogni caso specifico. Eseguite generalmente a compimento dell'intervento conservativo, le protezioni possono essere concepite sia come veri e propri presidi (schermi, tettoie, barriere ecc.) inseriti con l'intento di ostacolare l'innescarsi di patologie degenerative, proteggendo il manufatto in modo da ovviare direttamente alle cause di degrado, sia come applicazioni superficiali di materiali sacrificali, compatibili con la preesistenza, deteriorabili nel tempo.

Lo scopo di entrambe le risoluzioni è quello di difendere i materiali da diversi fattori, in molti casi concomitanti, come l'attacco fisico-chimico operato dagli agenti atmosferici e dalle sostanze nocive veicolate da questi, dalle azioni di organismi vegetali e animali, dai raggi ultravioletti, aerosol marini ecc. Fondamentalmente lo scopo principale richiesto alle operazioni di protezione è quello di impedire il passaggio dell'acqua all'interno del materiale e, allo stesso tempo, ostacolare l'aggressione degli inquinanti atmosferici; per fronteggiare entrambi i fattori i prodotti utilizzati devono presentare i requisiti di idrorepellenza, reversibilità, traspirabilità, assenza di sottoprodotti dannosi e stabilità alle radiazioni UV. L'idrorepellenza è determinante al fine di evitare i degradi connessi alla penetrazione dell'acqua come i fenomeni ciclici di gelo e disgelo, la cristallizzazione dei sali solubili (efflorescenze saline, subefflorescenze ecc.) e la veicolazione di sostanze nocive; la reversibilità deve essere concepita come la possibilità di poter rimuovere il prodotto (applicato superficialmente) in caso si dovessero verificare, nel tempo, indesiderati e nocivi effetti collaterali ("effetto bagnato" ovvero un'alterazione cromatica dell'aspetto originale); la traspirabilità è altrettanto incisiva per la riuscita dell'operazione, poiché il protettivo applicato non deve ostacolare il passaggio del vapore acqueo presente nei muri ma deve consentirne il regolare deflusso, così da mantenere costanti i valori igrometrici delle strutture evitando pericolosi ristagni interni d'acqua. I prodotti adatti ad assolvere queste funzioni devono presentare, necessariamente, una buona compatibilità materica con il supporto così da avere comportamenti fisico-chimici similari mentre, per quanto concerne l'impatto visivo, le protezioni possono essere concepite sia come apporti totalmente trasparenti e neutri tali da consentire la totale leggibilità del supporto (sostanze principalmente di natura organica o a base di silicio) sia, come degli strati la cui funzione di protezione, (scialbature, velature, sagramature, ecc.) nasconderà in parte la superficie muraria. La scelta di una delle due soluzioni a discapito dell'altra è strettamente connessa alla metodologia d'intervento scelta a discrezione del tecnico. Le superfici lapidee, inoltre, possono essere trattate con sostanze chimiche analoghe a quelle impiegate per il consolidamento, stese a formare una barriera superficiale trasparente ed idrorepellente capace di impedire o limitare considerevolmente il contatto con sostanze patogene esterne, ma al contempo di non eliminare la traspirabilità e la permeabilità al vapore acqueo.

Nel caso di preesistenti trattamenti protettivi coprenti si potrà decidere o di ripristinarli nelle parti dove sono venuti a mancare, così come in origine (diversificando, se ritenuto opportuno, il nuovo dal vecchio) o lasciare l'apparecchio a vista, accettandone il mutamento come fattore essenziale dell'aspetto della struttura, e proteggerlo ricorrendo a trattamenti neutri.

N° rev.	Data	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 102 di 105

Generalmente le protezioni hanno una durata limitata nel tempo; risultano efficaci per un periodo che va dai 5 ai 10 anni dopodiché vengono a mancare le caratteristiche di idrorepellenza, per questo si rende necessario la messa in opera, previa la totale asportazione dei residui rimasti sulla superficie, di un nuovo intervento protettivo. Per questo motivo, l'applicazione programmata nel tempo dei cicli protettivi deve essere inserita nei programmi di manutenzione periodica.

12.5.2 Operazioni di protezione dei materiali lapidei

12.5.2.1 Generalità

Considerato l'impatto e il ruolo attribuito ai protettivi la loro scelta dovrà essere operata sulla base dei risultati delle analisi di laboratorio realizzate su campioni di materiale; i provini dovranno essere preservati così da essere in grado di valutare l'effettiva efficacia e la durata nel tempo. Le campionature pre-intervento eseguite sotto il controllo della D.L. dovranno, necessariamente, essere catalogate ed etichettate; su tale etichetta dovranno essere riportati la data di esecuzione, il tipo di prodotto e/o le percentuali dell'impasto utilizzato, gli eventuali solventi e di conseguenza il tipo di diluizione o di concentrazione utilizzato, le modalità ed i tempi di applicazione.

La durata e l'inalterabilità del prodotto dipenderanno, principalmente, dalla stabilità chimica e dal comportamento in rapporto alle condizioni igrotermiche e all'azione dei raggi ultravioletti. L'alterazione dei composti, oltre ad essere determinante sulle prestazioni, potrà portare alla composizione di sostanze secondarie, dannose o insolubili, che invalideranno la reversibilità del prodotto.

12.5.2.2 Applicazione di impregnante idrorepellente

La procedura dovrà essere eseguita alla fine del ciclo di interventi previsti e solo in caso di effettivo bisogno, su apparecchi murari e manufatti eccessivamente porosi esposti sia agli agenti atmosferici, sia all'aggressione di umidità da condensa o di microrganismi animali e vegetali.

L'applicazione si effettuerà irrorando le superfici dall'alto verso il basso, in maniera uniforme ed abbondante fino a completa saturazione del supporto. Le mani da applicare dipenderanno dalla capacità di assorbimento del supporto, in ogni caso non potranno essere inferiori a due passaggi (consumo variabile da 0,2 a 1 l/m²). L'intervallo di tempo tra le varie applicazioni potrà variare, fermo restando che la mano precedente sia stata completamente assorbita; di norma i prodotti saranno applicati:

- a spruzzo, tramite l'utilizzo di apposite apparecchiature in grado di vaporizzare il liquido messo in pressione manualmente o da pompa oleo-pneumatica;
- a pennello morbido o rullo sino a rifiuto, utilizzando i prodotti in soluzione particolarmente diluita, aumentando gradualmente la concentrazione sino ad oltrepassare lo standard nelle ultime mani. Sarà utile alternare mani di soluzione delle resine (se in solvente) a mani di solo solvente per ridurre al minimo l'effetto bagnato (per maggiori dettagli sulle tecniche d'applicazione si rimanda a quanto detto nell'articolo sul consolidamento per impregnazione).

Se non diversamente specificato negli elaborati di progetto il trattamento protettivo dovrà essere applicato su supporti puliti, asciutti, privi d'umidità e di soluzioni di continuità (fessure superiori di 0,3 mm dovranno essere adeguatamente stuccate come da articoli specifici) a temperature non eccessivamente alte, intorno ai 20 °C (possibilmente su apparecchi murari non esposti ai raggi solari) al fine di evitare una brusca evaporazione dei solventi utilizzati. I prodotti utilizzabili, di norma, dovranno possedere un basso peso molecolare ed un elevato potere di penetrazione; buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici; buona resistenza chimica in ambiente alcalino; assenza d'effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali); perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori; traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%; dovranno risultare atossici.

Sarà sempre opportuno, a trattamento avvenuto, provvedere ad un controllo (cadenzato nel tempo) mirato a valutare la riuscita dell'intervento, così da verificarne l'effettiva efficacia.

La pluralità del potere idrorepellente sarà direttamente proporzionale alla profondità di penetrazione all'interno dei materiali. Penetrazione e diffusione del fluido dipenderanno, quindi, dalla porosità del materiale, dalle dimensioni e dalla struttura molecolare della sostanza impregnante in relazione al corpo poroso (pesanti macromolecole ricche di legami incrociati non attraverseranno corpi molto compatti e si depositeranno in superficie), dall'alcalinità del corpo poroso, dalla velocità e catalisi della reazione di condensazione (prodotti fortemente catalizzati possono reagire in superficie senza penetrare nel supporto).

SPECIFICHE SUI MATERIALI

I protettivi più efficaci per materiali lapidei (naturali ed artificiali tipo intonaci e cotti) apparterranno fondamentalmente alla classe dei composti organici (resine fluorurate, acril-siliconiche e poliuretaniche) e dei composti a base di silicio; la scelta dovrà, necessariamente, essere operata in relazione alle problematiche riscontrate, così come la quantità ottimale di

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 103 di 105

protettivo sarà determinabile in via sperimentale su superfici campione; orientativamente su intonaco di calce nuovo asciutto saranno sufficienti 100-140 g/m² di soluzione protettiva. Nel caso di manufatti lapidei ovvero intonaci a calce di particolare valore storico-artistico dovranno, necessariamente, essere seguite scrupolosamente le raccomandazioni NorMaL vigenti.

I prodotti utilizzabili per i trattamenti di protezione, di norma, dovranno possedere le seguenti caratteristiche comprovate da prove ed analisi da eseguirsi in situ o in laboratorio:

- a) basso peso molecolare ed elevato potere di penetrazione;
- b) buona resistenza all'attacco fisico-chimico degli agenti atmosferici;
- c) buona resistenza chimica in ambiente alcalino;
- d) assenza di effetti collaterali e di formazione di sottoprodotti di reazione dannosi (produzione di sali);
- e) perfetta trasparenza ed inalterabilità dei colori;
- f) traspirazione tale da non ridurre, nel materiale trattato, la preesistente permeabilità ai vapori oltre il valore limite del 10%;
- g) non tossicità;
- h) reversibilità.

Normalmente un trattamento protettivo ha una durata massima di circa 5-6 anni, è, pertanto, consigliabile programmare una attenta manutenzione ordinaria ogni 4-5 anni.

Per le caratteristiche dei protettivi fluorurati così come per quelli a base di resine acril-siliconiche si rimanda alle specifiche dell'articolo inerente il consolidamento dello strato corticale mediante impregnazione.

13 RESTAURO DEGLI ELEMENTI IN GHISA

13.1 Generalità

Prima di operare qualsiasi intervento sui manufatti in ghisa l'appaltatore dovrà identificare le cause del degrado, dirette o al contorno, ed effettuate ove richieste, le indagini diagnostiche ritenute utili, ad insindacabile giudizio della D.L., a determinare le tecniche di lavorazione e la morfologia del materiale (analisi metallografica, osservazione al microscopio). Successivamente si valuteranno attentamente le tecniche di pulitura e di preparazione delle superfici degradate, vagliando e selezionando i prodotti più idonei. Ad insindacabile giudizio della D.L. si valuterà se sarà il caso di eseguire la completa asportazione delle ossidazioni, dei vecchi protettivi o se sia preferibile procedere a leggeri lavori di pulitura e di protezione superficiale. La pulitura radicale sarà condotta esclusivamente dove è effettivamente necessario, utilizzando prodotti e sistemi debolmente aggressivi, prediligendo sistemi ad azione lenta ed eventualmente ripetendo l'operazione più volte.

13.2 Operazioni di restauro degli elementi in ghisa

13.2.1 Pulizia manuale

Si potrà effettuare utilizzando pennelli, spazzolini, matite a fibre di vetro, bisturi, microtrapani. La pulizia manuale potrà essere utilizzata da personale specializzato nei casi che altri sistemi siano giudicati dalla D.L. eccessivamente abrasivi o nelle parti non accessibili agli utensili meccanici.

13.2.2 Lavaggio manuale

Terminata la pulizia manuale, la superficie dovrà essere sottoposta a lavaggio manuale al fine di eliminare i depositi più o meno compatti residui dalle lavorazioni precedenti ed i sali solubili presenti sulle superfici metalliche.

13.2.3 Trattamenti inibitori di corrosione

Andrà impiegato un composto chimico di tipo organico (benzotriazolo), da applicare a pennello, utile a formare composti stabili sulla superficie sensibili all'ambiente acido.

13.2.4 Trattamenti di protezione superficiale

Alla fine della lavorazione andranno eseguiti dei trattamenti di protezione superficiale tramite applicazione a pennello di cere microcristalline in soluzione.

N° rev.	Data	Descrizione	Pag.:
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	104 di 105

13.2.5 Modalità di prova, controllo e collaudo

Nel corso dell'esecuzione dei lavori il direttore di lavori potrà verificare se i materiali impiegati e le tecniche di posa siano quelli prescritti. In particolare verificherà se nel corso della realizzazione delle opere si siano verificati danni alle stesse in relazione a trattamenti non idonei. Alla fine dei lavori il direttore di lavori potrà eseguire verifiche sull'efficacia dei trattamenti. L'appaltatore dovrà raccogliere le notizie più significative unitamente alle schede tecniche dei prodotti impiegati e alle prescrizioni per la successiva manutenzione.

14 SCAVI ARCHEOLOGICI

Si potranno effettuare non prima di aver ben delimitato tutta l'area di cantiere ed ottenuto tutte le autorizzazioni da parte dei competenti organi di tutela dei beni oggetto di scavo e solo dietro sorveglianza ed indicazione del personale preposto. Si eseguiranno a mano, con la massima cura ed attenzione, da personale specializzato ed opportunamente attrezzato. Gli scavi si differenzieranno in base al tipo di terreno alla tipologia e alla posizione delle strutture emergenti e/o sepolte, alla variabilità delle sezioni di scavo, alle caratteristiche dei manufatti e dei reperti. Si potranno effettuare operazioni con differente grado di accuratezza nella vagliatura delle terre e nella cernita e selezione dei materiali, nella pulitura, allocazione e cartellinatura di quanto trovato in appositi contenitori e/o cassette. Saranno a carico dell'Appaltatore tutte le assistenze quali la preventiva quadrettatura dell'area di scavo, l'apposizione dei riferimenti topografici, la cartellinatura, il ricovero e la custodia dei materiali in locali attrezzati.

N° rev.	Data:	Descrizione	
0	10.Nov.2016	Progettazione di un nuovo ponte ciclo-pedonale nella sede del "Ponte Leopoldo II" e collegamento ciclabile tra Cascine di Tavola e la Villa Medicea di Poggio a Caiano	Pag.: 105 di 105