

EXT226	0	3	M-01-10-00	0
CODICE COMMESSA	LOTTO	FASE	TITOLO	REV

CUP: D17H24000040005 Scala: DOC.

Comune di CREMONA


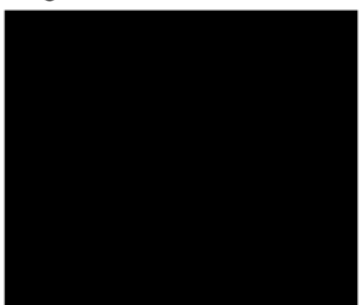
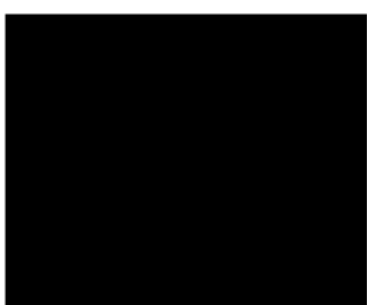
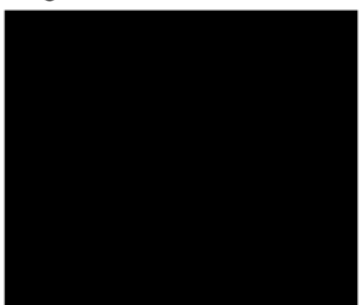
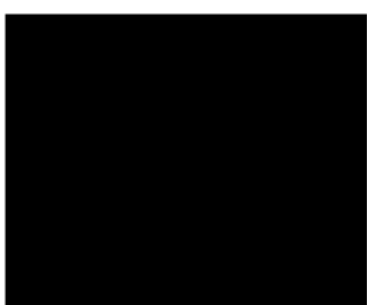
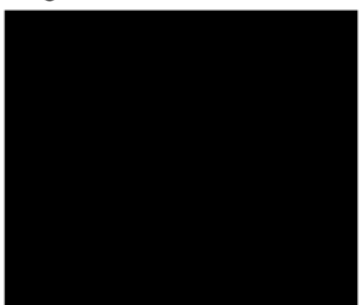
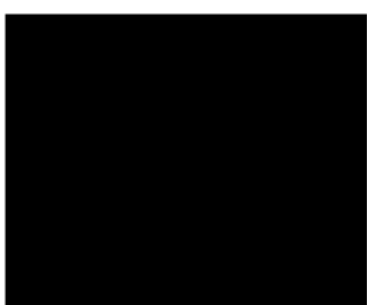


Settore Mobilità Sostenibile, Verde Pubblico, Protezione Civile

OPERE FINALIZZATE ALLA MANUTENZIONE STRAORDINARIA DELLE STRUTTURE DELL'IMPALCATO E DELLA BALAUSTR DEL PONTE URBANO SUL CANALE MORBASCO, SITO NEL COMUNE DI CREMONA

PROGETTO DI FATTIBILITA' TECNICO-ECONOMICA

DISCIPLINARE DESCRITTIVO DEGLI ELEMENTI TECNICI

Direttore Tecnico: Ing. Giovanni Becchi 	R.U.P. Dott. Ugo Gagliardi <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 33%;"> Progettista strutture: Ing. Vincenzo Bernardelli  </td> <td style="width: 33%;"> Progettista architettonico: Arch. Ilenia Ferrari  </td> <td style="width: 34%;"> Coordinatore Sicurezza: Geom. William Raschiani </td> </tr> </table>	Progettista strutture: Ing. Vincenzo Bernardelli 	Progettista architettonico: Arch. Ilenia Ferrari 	Coordinatore Sicurezza: Geom. William Raschiani
Progettista strutture: Ing. Vincenzo Bernardelli 	Progettista architettonico: Arch. Ilenia Ferrari 	Coordinatore Sicurezza: Geom. William Raschiani		

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	Arch. I.Ferrari	Ing. V. Bernardelli	Ing. G. Becchi	Ottobre 2025

CAPITOLATO OPERE CIVILI

CAPITOLO 1.....	1
NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DELLE OPERE	1
1.1. Rimozioni, demolizioni	1
1.2. Murature in genere e conglomerati cementizi.....	2
1.3. Cordonate in conglomerato cementizio.....	3
1.4. Calcestruzzi	3
1.5. Conglomerato cementizio armato.....	4
1.6. Acciaio per calcestruzzo.....	4
1.7. Lavori di metallo	4
1.8. Trasporti	4
1.9. Noleggi.....	5
1.10. Lavori in economia	5
1.11. Materiali a piè d'opera	5
CAPITOLO 2.....	6
QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	6
2.1. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI.....	6
2.2. MALTE E CONGLOMERATI	10
ESECUZIONE DELLE OPERE	18
2.3. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE.....	18
2.3.1. VALUTAZIONE PRELIMINARE CALCESTRUZZO	18
2.3.2. OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E PRECOMPRESSO	19
2.3.3. ACCIAIO.....	20
2.3.4. ACCIAIO PER USI STRUTTURALI	23
2.3.5. METALLI NON FERROSI	25
2.3.6. TUBAZIONI	25
2.3.7. PRODOTTI PER IMPERMEABILIZZAZIONE	26
2.3.8. IMPERMEABILIZZAZIONE DI IMPALCATI.....	30
2.3.9. PULITURA DEI MATERIALI	31
CAPITOLO 3.....	37
MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO	37
3.1. DEMOLIZIONI.....	37
3.1.1. STRUTTURE E MANUFATTI	37
3.1.2. RIMOZIONI.....	37
3.2. OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO	37
3.2.1. GENERALITA'.....	37
3.2.2. NORME PER IL CEMENTO ARMATO NORMALE	38
3.2.3. RISANAMENTO ANTICORROSIVO DEL CALCESTRUZZO ARMATO DEGRADATO	40
3.3. SOLAI IN CALCESTRUZZO ARMATO.....	46
3.3.1. SOLAI IN GETTO PIANO.....	46
3.4. STRUTTURE IN ACCIAIO	47
3.4.1. GENERALITA'.....	47
3.4.2. ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO	49
3.4.3. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE.....	50
3.4.4. VERNICIATURA ANTICORROSIVA CARPENTERIA	53
3.5. OPERE STRADALI.....	56
3.5.1. EMULSIONE BITUMINOSA REALIZZATA IN STABILIMENTO	56
3.5.2. FRESATURA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO	60
3.5.3. RIUTILIZZO DEL FRESATO.....	60
3.5.4. SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI	61

3.5.5. CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO	61
3.5.6. STRATO DI BASE.....	70
3.5.7. STRATO DI USURA SPESSORE 3-5 CM	72
3.6. SEGNALETICA VERTICALE.....	74
3.6.1. RIMOZIONE DELLA SEGNALETICA ESISTENTE	74
3.6.2. FONDAZIONI E POSA IN OPERA	74
3.6.3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI SOSTEGNI	74
3.6.4. FORME E DIMENSIONI DEI SEGNALI	75
3.6.5. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI SEGNALI.....	75
3.6.6. PELLICOLE RETTORIFLETTENTI E LORO CARATTERISTICHE.....	76

CAPITOLO 1

NORME PER LA MISURAZIONE E VALUTAZIONE DELLE OPERE

Generalità

La quantità dei lavori e delle provviste sarà determinata a misura, a peso, a corpo, in relazione a quanto previsto nell'elenco dei prezzi allegato.

Le misure verranno rilevate in contraddittorio in base all'effettiva esecuzione. Qualora esse risultino maggiori di quelle indicate nei grafici di progetto o di quelle ordinate dalla Direzione, le eccedenze non verranno contabilizzate. Soltanto nel caso che la Direzione dei Lavori abbia ordinato per iscritto maggiori dimensioni se ne terrà conto nella contabilizzazione.

In nessun caso saranno tollerate dimensioni minori di quelle ordinate, le quali potranno essere motivo di rifacimento a carico dell'Appaltatore. Resta sempre salva in ogni caso la possibilità di verifica e rettifica in occasione delle operazioni di collaudo.

Contabilizzazione dei lavori a corpo e/o a misura

La contabilizzazione dei lavori a misura sarà realizzata secondo le specificazioni date nelle norme del presente Capitolato speciale e nella descrizione delle singole voci di elenco prezzi; in caso diverso verranno utilizzate per la valutazione dei lavori le dimensioni nette delle opere eseguite rilevate in sito, senza che l'appaltatore possa far valere criteri di misurazione o coefficienti moltiplicatori che modifichino le quantità realmente poste in opera.

La contabilizzazione delle opere sarà effettuata applicando alle quantità eseguite i prezzi unitari di contratto. Nel caso di appalti aggiudicati col criterio dell'OEPV (Offerta Economicamente Più Vantaggiosa) si terrà conto di eventuali lavorazioni diverse o aggiuntive derivanti dall'offerta tecnica dell'appaltatore, contabilizzandole utilizzando i prezzi unitari relativi alle lavorazioni sostituite, come desunti dall'offerta stessa.

La contabilizzazione dei lavori a corpo sarà effettuata applicando all'importo delle opere a corpo, al netto del ribasso contrattuale, le percentuali convenzionali relative alle singole categorie di lavoro indicate in perizia, di ciascuna delle quali andrà contabilizzata la quota parte in proporzione al lavoro eseguito.

Lavori in economia

Nell'eventualità siano contemplate delle somme a disposizione per lavori in economia tali lavori non daranno luogo ad una valutazione a misura, ma saranno inseriti nella contabilità secondo i prezzi di elenco per l'importo delle somministrazioni al netto del ribasso d'asta, per quanto riguarda i materiali. Per la mano d'opera, trasporti e noli, saranno liquidati secondo le tariffe locali vigenti al momento dell'esecuzione dei lavori incrementati di spese generali ed utili e con applicazione del ribasso d'asta esclusivamente su questi ultimi due addendi.

Contabilizzazione delle varianti

Nel caso di variante in corso d'opera gli importi in più ed in meno sono valutati con i prezzi di progetto e soggetti al ribasso d'asta che ha determinato l'aggiudicazione della gara ovvero con i prezzi offerti dall'appaltatore nella lista in sede di gara.

Le norme di misurazione per la contabilizzazione saranno le seguenti:

1.1. Rimozioni, demolizioni

Nel compenso sono compresi tutti gli oneri e la spesa relativa a tale categoria di lavoro (nella quale rientra anche la eventuale demolizione di sovrastruttura stradale), sia eseguita in elevazione che in fondazione e, comunque, senza uso di mine.

In particolare, sono compresi i ponti di servizio, le impalcature, le armature e le sbadacchiature eventualmente occorrenti, nonché l'immediato allontanamento dei materiali di risulta che dovranno essere smaltiti in discarica con oneri e spese a carico dell'Appaltatore. I materiali di risulta che risultassero idonei ai test di cessione (da eseguirsi a cura e spese dell'Appaltatore) potranno essere riutilizzati nell'ambito del cantiere previa autorizzazione della D.L.

I materiali provenienti dalla demolizione e fresatura della sovrastruttura stradale rimarranno di proprietà

della Società Appaltante che si riserva di utilizzarli per altre lavorazioni entro un raggio di 20 km; diversamente il materiale di risulta dovrà essere smaltito in discarica con oneri e spese a carico dell'Appaltatore. La demolizione delle fondazioni sarà eseguita sino alla profondità indicata dalla Direzione Lavori.

1.2. Murature in genere e conglomerati cementizi

Tutte le opere in muratura ed in conglomerato cementizio, previste nei disegni di progetto allegati al Contratto di appalto, verranno controllate con metodi geometrici mediante misure effettuate sul vivo delle opere medesime escludendo, perciò, gli intonaci, ove esistano, e detraendo i vuoti ed il volume di altri materiali di natura differente compenetrati nelle strutture ma non quelli della armatura in acciaio lenta o precompressa e quelli relativi alle feritoie eseguite sulle opere di sostegno e di contenimento delle scarpate. La resistenza dei materiali delle murature in elevazione dovrà essere non inferiore a quella prevista in progetto o comunque necessaria a seguito dei prescritti calcoli di stabilità, il controllo dei quali costituisce preciso onere contrattuale dell'Appaltatore; ovviamente, tale controllo e tutte le necessarie verifiche statiche saranno dall'Appaltatore effettuate secondo i criteri di calcolo della Scienza delle Costruzioni e con pieno rispetto delle norme vigenti in materia.

Per "parti in elevazione" delle strutture si considerano, come normalmente viene indicato nel linguaggio tecnico delle costruzioni, le parti elevantisi dall'estradosso (spiccato) del plinto, della soletta, del solettone, della platea, ecc.

Tali parti in elevazione, che saranno compensate con i relativi prezzi di Elenco, comprendono le armature in acciaio, lente, post-tese e/o pretese, le cassetture, le armature dei casseri, i ponteggi, i carrelloni anche per il getto a conci successivi, eseguiti in opera o prefabbricati, la fornitura, il trasporto ed il varo, con qualunque sistema, delle travi prefabbricate, le predalles relative per il getto in opera delle solette, anche a sbalzo, e delle travi di ripartizione e dei traversi, le eventuali apparecchiature per il varo ad estrusione nonché ogni altra struttura provvisoria, strumento, apparecchiatura, attrezzatura e macchinario ed ogni altro magistero per realizzare le opere d'arte secondo progetto, o comunque in guisa tale da consentire l'utilizzo sicuro e completo dell'opera appaltata.

Resta, inoltre, contrattualmente stabilito che con l'erogazione del compenso debbono intendersi compensate tutte le prove, sia preliminari che quelle effettuate durante l'esecuzione dei lavori, relative ai materiali utilizzati, prove distruttive e non distruttive previste dalla Legge o dallo Strutturista nonché per le prove di carico ed il collaudo statico.

Nel caso in cui singole parti delle murature o delle opere d'arte risultassero di resistenza caratteristica inferiore a quella prescritta in progetto ed a condizione che le opere eseguite possano essere lasciate sussistere senza inconvenienti perché comunque, rispondenti alla Normativa tecnica vigente in termini di sicurezza, resistenza e di durabilità, il prezzo verrà decurtato di una quantità corrispondente alla minore resistenza riscontrata.

Anche vistosi difetti di esecuzione dei paramenti in vista (nidi di ghiaia e sabbia, imperfetta planarità delle superfici, irregolare andamento delle superfici curve, ecc.) comporteranno adeguate decurtazioni del prezzo. Nei relativi prezzi di Elenco è compresa e compensata, inoltre, ogni fornitura a piè d'opera di inerti, leganti, acqua, additivi antigelo, fluidificanti, ritardanti, antiritiro, malte per iniezione di cavi di precompressione, i cavi stessi, le loro testate e le operazioni di tesatura, anche in più fasi, ed ogni altra fornitura necessaria secondo le tecniche strutturali desumibili dal progetto; con detti prezzi viene compensata altresì, la manodopera, anche specialistica, necessaria.

Il suddetto corrispettivo a corpo comprende inoltre:

1) L'utilizzo - a richiesta del Direttore Lavori - di specifiche procedure e sistemi di protezione (ad es. catodica) o l'uso di cementi pozzolanici o ad alta resistenza, interventi questi ritenuti necessari per la presenza di acque di percolazione chimicamente aggressive (solfatiche, basiche, ecc.) o perché le opere ricadono in atmosfera di tipo marino o industriale particolarmente aggressivo, l'Amministrazione appaltante potrà quindi ordinare l'impiego delle necessarie apparecchiature e/o materiali di qualità migliore assumendosene l'onere e la spesa per l'acquisto, ma rimanendo a carico dell'Appaltatore, perché ricompreso nel compenso a corpo, l'onere e la spesa del trasporto dai magazzini dell'Amministrazione al Cantiere e quelli di posa in opera dei materiali forniti. Il prezzo a corpo non verrà variato a seguito di ciò qualunque sia il maggior costo eventualmente derivante per l'Appaltatore.

2) Tutti gli oneri di preparazione delle superfici delle strutture, quelli per la posa in opera e per "l'inghisaggio" degli apparecchi di appoggio ed ogni altro onere per preregolazioni, verifica delle direzioni e ogni controllo specialistico necessario. Qualora la sismicità sia maggiore od il Direttore Lavori proponga l'uso di apparecchiature particolari di qualità migliore e l'Amministrazione accetti, essa se ne assumerà l'onere di acquisto, ma rimarrà a carico dell'Appaltatore, ricompreso nel compenso a corpo, l'onere di trasporto dai magazzini dell'Amministrazione e di posa in opera dei materiali forniti. Il prezzo a corpo non verrà variato a seguito di ciò, qualunque sia il maggior costo eventualmente derivante per l'Appaltatore.

3) La realizzazione di drenaggi e di vespai a tergo delle murature controterra nonché le relative feritoie e le tubazioni per lo scarico delle acque captate, con la necessaria distribuzione sulla base dell'esperienza in sito; sono altresì a carico dell'Appaltatore in quanto compresi nel prezzo a corpo: gli apparecchi di drenaggio delle acque dalle superfici di estradosso di conglomerati ricoperte da guaine o cappe di impermeabilizzazione; sono a carico dell'Appaltatore le scossaline, in gomma al neoprene ed ogni altro pezzo necessario; il tutto, comprendente ogni onere di fornitura, applicazione e posa in opera, compensato con il prezzo a corpo.

4) Tutti gli oneri di preparazione delle superfici delle strutture, quelli per la posa in opera e per "l'inghisaggio" dei giunti ed ogni altro onere per i controlli specialistici necessari. Qualora siano necessari apparecchi di giunto per zone dichiarate sismiche di grado superiore ad $S = 9$ potranno essere utilizzati giunti particolari la cui fornitura a pie' d'opera sarà a carico dell'Amministrazione appaltante, mentre ogni onere di applicazione e posa in opera sarà a totale ed esclusivo carico dell'Appaltatore in quanto compensato con il prezzo a corpo.

5) Tutti gli oneri per le predisposizioni necessarie per le barriere di protezione stradale o autostradale cosiddette "di sicurezza" (guardrails) di qualunque tipo e ubicazione (laterali, di spartitraffico, ecc.) e per le barriere antirumore, esclusa la fornitura dei materiali e la loro posa in opera.

6) Il prezzo a corpo comprende, altresì ogni predisposizione per la posa in opera dei manufatti in acciaio (strutturale o non), o in struttura mista acciaio calcestruzzo collaborante, di qualunque tipo e dimensione, nonché gli acquedotti ed i tombini tubolari, opere di fondazione escluse. Tali manufatti, perfettamente rispondenti ai disegni di progetto, facenti parte integrante del Contratto di appalto, saranno misurati e valutati ai soli fini della conoscenza dettagliata delle opere stesse e per la individuazione delle percentuali utili ai fini della predisposizione degli stati di avanzamento e della relativa emissione delle rate di acconto per quanto concerne il prezzo a corpo. Ogni manufatto sarà preliminarmente calcolato e verificato, ad esclusivo carico dell'Appaltatore, in ogni dettaglio strutturale e d'insieme, secondo le vigenti Normative di Legge e di Regolamento, restando l'Appaltatore medesimo responsabile della sicurezza, dell'agibilità e della durabilità del manufatto medesimo.

1.3. Cordonate in conglomerato cementizio

Le cordonate in calcestruzzo cementizio eseguite secondo quanto indicato nell'articolo del Capo 1 delle presenti Norme Tecniche, relativo a tale categoria di lavori, verranno valutate con il relativo prezzo di Elenco. Detto prezzo comprende ogni onere e magistero necessario per dare le cordonate in opera secondo le prescrizioni dell'articolo del Capo 1 avanti indicato, ivi compreso l'eventuale scavo necessario alla posa dei cordoli e della relativa fondazione. Il calcestruzzo costituente la fondazione prescritta verrà compensato a parte. La misurazione della cordonata sarà effettuata sul bordo rivolto verso la carreggiata ed, in corrispondenza delle aiuole, sul bordo verso la zona pavimentata di transito.

1.4. Calcestruzzi

Tutti i calcestruzzi, siano essi per fondazioni o in elevazione, armati o no, vengono misurati a volume con metodi geometrici e secondo la corrispondente categoria, dedotti i vani od i materiali di differente natura in essi compenetranti che devono essere pagati con altri prezzi di elenco.

In ogni caso non si deducono i vani di volume minore od uguale a mc 0,20 ciascuno, intendendosi con ciò compensato l'eventuale maggiore magistero richiesto.

Il massetto di sottofondazione deve essere contabilizzato, in ogni caso, come sporgente dai bordi perimetrali della fondazione di cm 10, anche qualora l'Appaltatore, per propria utilità, al fine di facilitare la posa in opera delle casseforme e relative sbadacchiature, ritenesse di eseguirlo con sporgenza maggiore.

Qualora, invece, perché previsto in progetto o perché specificatamente richiesto dalla Direzione Lavori, tale sporgenza fosse superiore, deve essere contabilizzato l'effettivo volume eseguito.

1.5. Conglomerato cementizio armato

Il conglomerato per opere in cemento armato di qualsiasi natura e spessore sarà valutato per il suo volume effettivo, senza detrazione del volume del ferro che verrà pagato a parte.

Quando trattasi di elementi a carattere ornamentale gettati fuori opera, la misurazione verrà effettuata in ragione del minimo parallelepipedo retto a base rettangolare circoscrivibile a ciascun pezzo, e nel relativo prezzo si deve intendere compreso, oltre che il costo dell'armatura metallica, tutti gli oneri specificati nelle norme sui materiali e sui modi di esecuzione, nonché la posa in opera, sempreché non sia pagata a parte.

I casseri, le casseforme e le relative armature di sostegno, se non comprese nei prezzi di elenco del conglomerato cementizio, saranno computati separatamente con i relativi prezzi di elenco. Pertanto, per il compenso di tali opere, bisognerà attenersi a quanto previsto nell'Elenco dei Prezzi Unitari.

Nei prezzi del conglomerato sono inoltre compresi tutti gli oneri derivanti dalla formazione di palchi provvisori di servizio, dall'innalzamento dei materiali, qualunque sia l'altezza alla quale l'opera di cemento armato dovrà essere eseguita, nonché per il getto e la vibratura.

L'acciaio in barre per armature di opere di cemento armato di qualsiasi tipo nonché la rete elettrosaldata sarà valutato secondo il peso effettivo; nel prezzo oltre alla lavorazione e lo sfrido è compreso l'onere della legatura dei singoli elementi e la posa in opera dell'armatura stessa.

1.6. Acciaio per calcestruzzo

Il peso dell'acciaio in barre ad aderenza migliorata di armatura del calcestruzzo verrà determinato mediante il peso teorico corrispondente ai vari diametri effettivamente prescritti, trascurando le quantità superiori alle prescrizioni, le legature e le sovrapposizioni per aggiunte non ordinate. Il peso delle armature verrà in ogni caso determinato con mezzi analitici ordinari, misurando cioè lo sviluppo lineare effettivo per ogni barra (seguendo le sagomature e uncinature) e moltiplicandolo per il peso unitario dato dalle tabelle ufficiali UNI.

Col prezzo fissato, il tondino sarà fornito e dato in opera nelle casseforme, dopo aver subito tutte le piegature, sagomature e legature ordinate dalla Direzione dei Lavori, curando che la posizione dei ferri coincida rigorosamente con quella fissata nei disegni esecutivi.

L'acciaio impiegato nelle strutture in cemento armato e cemento armato precompresso verrà computato a peso ed il prezzo sarà comprensivo della sagomatura, della messa in opera, delle giunzioni, delle legature, dei distanziatori e di ogni altra lavorazione richiesta dalle prescrizioni o dalla normativa vigente.

Il prezzo fissato per l'acciaio armonico usato nelle armature pre o post tese, in base alla sezione utile, comprenderà la fornitura di guaine, il posizionamento, le iniezioni di cemento finali, le piastre di ancoraggio, i mezzi e materiali, la mano d'opera ed ogni altro accessorio o lavorazione necessari per la completa esecuzione dei lavori indicati.

1.7. Lavori di metallo

Tutti i lavori di metallo saranno in generale valutati a peso ed i relativi prezzi verranno applicati al peso effettivo dei metalli stessi a lavorazione completamente ultimata e determinato prima della loro posa in opera, con pesatura diretta fatta in contraddittorio ed a spese dell'Appaltatore, escluse ben inteso dal peso le verniciature e coloriture.

Nei prezzi dei lavori in metallo è compreso ogni e qualunque compenso per forniture accessorie, per lavorazioni, montatura e posizione in opera.

1.8. Trasporti

I trasporti di terre o altro materiale sciolto verranno valutati in base al volume prima dello scavo, per le materie in cumulo prima del carico su mezzo, senza tener conto dell'aumento di volume all'atto dello scavo o del carico, oppure a peso con riferimento alla distanza. Qualora non sia diversamente precisato in contratto, sarà compreso il carico e lo scarico dei materiali ed ogni spesa per dare il mezzo di trasporto in piena efficienza. Con i prezzi dei trasporti si intende compensata anche la spesa per materiali di consumo, il servizio del conducente, e ogni altra spesa occorrente.

I mezzi di trasporto per i lavori in economia debbono essere forniti in pieno stato di efficienza e corrispondere alle prescritte caratteristiche.

1.9. Noleggi

Le macchine e gli attrezzi dati a noleggio devono essere in perfetto stato di esercizio ed essere provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento.

Sono a carico esclusivo dell'Appaltatore la manutenzione degli attrezzi e prezzi di noleggio di meccanismi in genere, si intendono corrisposti per tutto il tempo durante il quale i meccanismi rimangono a piè d'opera a disposizione dell'Amministrazione, e cioè anche per le ore in cui i meccanismi stessi non funzionano, applicandosi il prezzo prestabilito.

Nel prezzo di noleggio sono compresi gli oneri e tutte le spese per il trasporto a piè d'opera, montaggio, smontaggio ed allontanamento di detti meccanismi.

Per il noleggio di carri ed autocarri il prezzo verrà corrisposto soltanto per le ore di effettivo lavoro, rimanendo escluso ogni compenso per qualsiasi altra causa o perdita di tempo.

1.10. Lavori in economia

La Stazione Appaltante ha il diritto di chiedere all'Appaltatore, che ne ha l'obbligo, di fornire mano d'opera, mezzi d'opera e materiali per lavori e servizi le cui prestazioni saranno contabilizzate in economia.

Per i lavori in economia nel costo orario della mano d'opera si intende compresa ogni incidenza per attrezzi ed utensili di lavoro e quanto altro occorra per il loro impiego.

Gli operai per i lavori in economia dovranno essere qualificati per i lavori da eseguire e provvisti degli attrezzi ed utensili necessari che dovranno essere sempre in perfetta efficienza e provvisti di tutti gli accessori necessari per il loro regolare funzionamento. Nella contabilizzazione non verranno riconosciuti oneri per spese di trasporto e di trasferta.

Per le prestazioni in economia l'Appaltatore ha l'obbligo di consegnare quotidianamente alla Direzione dei Lavori le liste con le ore di impiego relative agli operai, noli e materiali utilizzati. Le prestazioni non preventivamente autorizzate e/o non dichiarate dall'Appaltatore nei modi e nei termini di cui sopra non saranno in alcun modo riconosciute.

Le prestazioni e le forniture in economia saranno disposte dalla Direzione dei Lavori solo per lavori secondari ed accessori e nei casi e nei limiti previsti dal D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50 e s.m.i.

L'importo di tali prestazioni e provviste non potrà superare quello debitamente autorizzato nei limiti definiti dall'art. 36 del D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50 e s.m.i.

1.11. Materiali a piè d'opera

Per determinati manufatti il cui valore è superiore alla spesa per la messa in opera, il prezzo a piè d'opera ed il suo accreditamento in contabilità prima della messa in opera è stabilito in misura non superiore alla metà del prezzo stesso da valutarsi a prezzo di contratto o, in difetto, al prezzo di progetto.

I prezzi per i materiali a piè d'opera si determineranno nei seguenti casi:

- a) alle provviste dei materiali a piè d'opera che l'Appaltatore è tenuto a fare a richiesta della Direzione dei Lavori, comprese le somministrazioni per lavori in economia, alla cui esecuzione provvede direttamente la Stazione Appaltante;
- b) alla valutazione dei materiali accettabili nel caso di esecuzione di ufficio e nel caso di rescissione coattiva oppure di scioglimento di contratto;
- c) alla valutazione del materiale per l'accreditamento del loro importo nei pagamenti in acconto;
- d) alla valutazione delle provviste a piè d'opera che si dovessero rilevare dalla Stazione Appaltante quando per variazioni da essa introdotte non potessero più trovare impiego nei lavori.

In detti prezzi dei materiali è compresa ogni spesa accessoria per dare i materiali a piè d'opera sul luogo di impiego, le spese generali ed il beneficio dell'Appaltatore.

CAPITOLO 2

QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

2.1. QUALITA' E PROVENIENZA DEI MATERIALI

I materiali occorrenti per la costruzione delle opere d'arte proverranno da quelle località che l'Appaltatore riterrà di sua convenienza, purché ad insindacabile giudizio della Direzione dei Lavori siano riconosciuti della migliore qualità della specie e rispondano ai requisiti appresso indicati.

L'appalto non prevede categorie di prodotti ottenibili con materiale riciclato, tra quelle elencate nell'apposito decreto ministeriale emanato ai sensi dell'art. 2, comma 1 lettera d) del D.M. dell'ambiente n. 203/2003.

Quando la Direzione dei Lavori avrà rifiutato qualche provvista perché ritenuta a suo giudizio insindacabile non idonea ai lavori, l'Appaltatore dovrà sostituirla con altra che risponda ai requisiti voluti ed i materiali rifiutati dovranno essere immediatamente allontanati dalla sede del lavoro o dai cantieri a cura e spese dell'Appaltatore.

a) Acqua. - L'acqua per l'impasto con leganti idraulici dovrà essere limpida, priva di sostanze organiche o grassi e priva di sali (particolarmente solfati e cloruri) in percentuali dannose e non essere aggressiva per il conglomerato risultante. Avrà un pH compreso fra 6 ed 8.

b) Calce. - Le calce aeree ed idrauliche dovranno rispondere ai requisiti di accettazione di cui alle norme vigenti.

La calce grassa in zolle dovrà provenire da calcari puri, essere di recente e perfetta cottura, di colore uniforme, non bruciata, né vitrea, né pigra ad idratarsi ed infine di qualità tale che, mescolata con la sola quantità d'acqua dolce necessaria all'estinzione, si trasformi completamente in una pasta soda a grassetto tenuissimo, senza lasciare residui maggiori del 5% dovuti a parti non bene decarburate, siliciose od altrimenti inerti.

La calce viva, al momento dell'estinzione, dovrà essere perfettamente anidra; sarà rifiutata quella ridotta in polvere o sfiorita, e perciò si dovrà provvedere la calce viva a misura del bisogno e conservarla comunque in luoghi asciutti e ben riparati dall'umidità.

L'estinzione della calce viva dovrà farsi con i migliori sistemi conosciuti ed, a seconda delle prescrizioni della Direzione dei Lavori, in apposite vasche impermeabili rivestite di tavole o di muratura. La calce grassa destinata agli intonaci dovrà essere spenta almeno sei mesi prima dell'impiego.

c) Leganti idraulici. - Le calce idrauliche, i cementi e gli agglomeranti cementizi a rapida o lenta presa da impiegare per qualsiasi lavoro, dovranno corrispondere a tutte le particolari prescrizioni di accettazione di cui alle norme vigenti.

Essi dovranno essere conservati in magazzini coperti su tavolati in legno ben riparati dall'umidità o in sili.

d) Pozzolana. - La pozzolana sarà ricavata da strati mondi da cappellaccio ed esente da sostanze eterogenee o da parti inerti; qualunque sia la sua provenienza dovrà rispondere a tutti i requisiti prescritti dalle norme vigenti.

Per la misurazione, sia a peso che a volume, dovrà essere perfettamente asciutta.

e) Ghiaia, pietrisco e sabbia. - Le ghiaie, i pietrischi e le sabbie da impiegare nella formazione dei calcestruzzi dovranno corrispondere alle condizioni di accettazione considerate nelle norme di esecuzione delle opere in conglomerato semplice od armato di cui alle norme vigenti.

Le ghiaie ed i pietrischi dovranno essere costituiti da elementi omogenei derivati da rocce resistenti, il più possibile omogenee e non gelive; tra le ghiaie si escluderanno quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica, facilmente sfaldabili o rivestite da incrostazioni o gelive.

La sabbia da impiegarsi nelle murature o nei calcestruzzi dovrà essere assolutamente scevra di materie terrose ed organiche e ben lavata. Dovrà essere preferibilmente di qualità silicea proveniente da rocce aventi alta resistenza alla compressione. Dovrà avere forma angolosa ed avere elementi di grossezza variabile da 1 a 5 mm.

La granulometria degli aggregati litici per i conglomerati sarà prescritta dalla Direzione dei Lavori in

base alla destinazione, al dosaggio ed alle condizioni della messa in opera dei calcestruzzi. L'Appaltatore dovrà garantire la costanza delle caratteristiche della granulometria per ogni lavoro.

Per i lavori di notevole importanza l'Appaltatore dovrà disporre della serie dei vagli normali atti a consentire alla Direzione dei Lavori i normali controlli.

In linea di massima, per quanto riguarda la dimensione degli elementi dei pietrischi e delle ghiaie questi dovranno essere da 40 a 71 mm per lavori correnti di fondazioni, elevazione, muri di sostegno da 40 a 60 mm se si tratta di volti o getti di un certo spessore da 25 a 40 mm se si tratta di volti o getti di limitato spessore.

Le ghiaie da impiegarsi per formazione di massicciate stradali dovranno essere costituite da elementi omogenei derivati da rocce durissime di tipo costante e di natura consimile fra loro, escludendosi quelle contenenti elementi di scarsa resistenza meccanica o sfaldabili facilmente o gelive o rivestite di incrostazioni.

Il pietrisco, il pietrischetto e la graniglia, secondo il tipo di massicciata da eseguire, dovranno provenire dalla spezzatura di rocce durissime, preferibilmente silicee, a struttura microcristallina, o calcari puri durissimi e di alta resistenza alla compressione, all'urto, all'abrasione, al gelo ed avranno spigolo vivo: e dovranno essere scevri di materie terrose, sabbia o comunque materie eterogenee.

Qualora la roccia provenga da cave nuove o non accreditate da esperienze specifiche di enti pubblici e che per natura e formazione non diano affidamento sulle sue caratteristiche, è necessario effettuare su campioni prelevati in cava, che siano significativi ai fini della coltivazione della cava, prove di compressione e di gelività.

Quando non sia possibile ottenere il pietrisco da cave di roccia, potrà essere consentita per la formazione di esso l'utilizzazione di massi sparsi in campagna o ricavabili da scavi, nonché di ciottoloni o massi ricavabili da fiumi o torrenti sempreché siano provenienti da rocce di qualità idonea.

I materiali suindicati, le sabbie e gli additivi dovranno corrispondere alle norme di accettazione emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Le graniglie saranno quelle indicate nelle norme di buona tecnica per la tipologia edilizia in oggetto.

Di norma si useranno le seguenti pezzature:

- 1) pietrisco da 40 a 71 mm ovvero da 40 a 60 mm, se ordinato, per la costruzione di massicciate cilindrate all'acqua;
- 2) pietrisco da 25 a 40 mm (eccezionalmente da 15 a 30 mm granulometria non unificata) per l'esecuzione di ricarichi di massicciate e per materiali di costipamento di massicciate (mezzanello);
- 3) pietrischetto da 15 a 25 mm per l'esecuzione di ricarichi di massicciate per conglomerati bituminosi e per trattamenti con bitumi fluidi;
- 4) pietrischetto da 10 a 15 mm per trattamenti superficiali, penetrazioni, semipenetrazioni e pietrischetti bitumati;
- 5) graniglia normale da 5 a 20 mm per trattamenti superficiali, tappeti bitumati, strato superiore di conglomerati bituminosi;
- 6) graniglia minuta da 2 a 5 mm di impiego eccezionale e previo specifico consenso della Direzione dei Lavori per trattamenti superficiali; tale pezzatura di graniglia, ove richiesta, sarà invece usata per conglomerati bituminosi.

Nella fornitura di aggregato grosso per ogni pezzatura sarà ammessa una percentuale in peso non superiore al 5% di elementi aventi dimensioni maggiori o minori di quelle corrispondenti ai limiti di prescelta pezzatura, purché, per altro, le dimensioni di tali elementi non superino il limite massimo o non siano oltre il 10% inferiori al limite minimo della pezzatura fissata.

Gli aggregati grossi non dovranno essere di forma allungata o appiattita (lamellare).

- f) Terreni per soprastrutture in materiali stabilizzati.** - Essi debbono identificarsi mediante la loro granulometria e i limiti di Atterberg, che determinano la percentuale di acqua in corrispondenza della quale il comportamento della frazione fina del terreno (passante al setaccio 0,42 mm n. 40 A.S.T.M.) passa da una fase solida ad una plastica (limite di plasticità L.P.) e da una fase plastica ad una fase liquida (limite di fluidità L.L.) nonché dall'indice di plasticità (differenze fra il limite di fluidità L.L. e il limite di plasticità L.P.).

Tale indice, da stabilirsi in genere per raffronto con casi similari di strade già costruite con analoghi terreni, ha notevole importanza.

Salvo più specifiche prescrizioni della Direzione dei Lavori si potrà fare riferimento alle seguenti caratteristiche (Highway Research Board):

- 1) strati inferiori (fondazione): tipo miscela sabbia-argilla: dovrà interamente passare al setaccio 25 mm ed essere almeno passante per il 65% al setaccio n. 10 A.S.T.M.; il detto passante al n. 10, dovrà essere passante dal 55 al 90% al n. 20 A.S.T.M., dal 35 al 70% passante al n. 40 A.S.T.M. e dal 10 al 25% passante al n. 200 A.S.T.M.;
- 2) strati inferiori (fondazione): tipo di miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: dovrà essere interamente passante al setaccio da 71 mm ed essere almeno passante per il 50 % al setaccio da 10 mm, dal 25 al 50% al setaccio n. 4, dal 20 al 40% al setaccio n. 10, dal 10 al 25% al setaccio n. 40 e dal 3 al 10% al setaccio n. 200.
- 3) negli strati di fondazione, di cui ai precedenti paragrafi 1) e 2), l'indice di plasticità non deve essere superiore a 6, il limite di fluidità non deve superare 25 e la frazione passante al setaccio n. 200 A.S.T.M. deve essere preferibilmente la metà di quella passante al setaccio n. 40 e in ogni caso non deve superare i due terzi di essa.
- 4) strato superiore della sovrastruttura: tipo miscela sabbia-argilla: valgono le stesse condizioni granulometriche di cui al paragrafo 1);
- 5) strato superiore della sovrastruttura: tipo della miscela ghiaia o pietrisco, sabbia ed argilla: deve essere interamente passante dal setaccio da 25 mm ed almeno il 65% al setaccio da 10 mm, dal 55 all'85% al setaccio n. 4, dal 40 al 70% al setaccio n. 10, dal 25 al 45% al setaccio n. 40 e dal 10 al 25% al setaccio n. 200;
- 6) negli strati superiori 4) e 5) l'indice di plasticità non deve essere superiore a 9 né inferiore a 4; il limite di fluidità non deve superare 35; la frazione di passante al setaccio n. 200 deve essere inferiore ai due terzi della frazione passante al n. 40.

Inoltre è opportuno controllare le caratteristiche meccaniche delle miscele con la prova C.B.R. (Californian bearing ratio) che esprime la portanza della miscela sotto un pistone cilindrico di due pollici di diametro, con approfondimento di 2,5 ovvero 5 mm in rapporto alla corrispondente portanza di una miscela tipo. In linea di massima il C.B.R. del materiale, costipato alla densità massima e saturato con acqua dopo 4 giorni di immersione e sottoposto ad un sovraccarico di 9 kg, dovrà risultare per gli strati inferiori non inferiore a 30 e per i materiali degli strati superiori non inferiore a 70. Durante l'immersione in acqua non si dovranno avere rigonfiamenti superiori allo 0,5%.

g) Detrito di cava o tout-venant di cava o di frantoio. - Quando per gli strati di fondazione della sovrastruttura stradale sia disposto l'impiego di detriti di cava, il materiale deve essere in ogni caso non suscettibile all'azione dell'acqua (non solubile non plasticizzabile) ed avere un potere portante C.B.R. (rapporto portante californiano) di almeno 40 allo stato saturo. Dal punto di vista granulometrico non sono necessarie prescrizioni specifiche per i materiali teneri (tufi, arenarie) in quanto la loro granulometria si modifica e si adegua durante la cilindratura; per materiali duri la granulometria dovrà essere assortita in modo da realizzare una minima percentuale dei vuoti: di norma la dimensione massima degli aggregati non deve superare i 10 cm.

Per gli strati superiori si farà uso di materiali lapidei più duri tali da assicurare un C.B.R. saturo di almeno 80; la granulometria dovrà essere tale da dare la minima percentuale di vuoti; il potere legante del materiale non dovrà essere inferiore a 30; la dimensione massima degli aggregati non dovrà superare i 6 cm.

h) Pietrame. - Le pietre naturali da impiegarsi nella muratura e per qualsiasi altro lavoro dovranno corrispondere ai requisiti richiesti dalle norme in vigore e dovranno essere a grana compatta ed ognuna monda da cappellaccio, esenti da piani di sfaldamento, senza screpolature, peli, venature, interclusioni di sostanze estranee; dovranno avere dimensioni adatte al particolare loro impiego ed offrire una resistenza proporzionata all'entità della sollecitazione cui devono essere assoggettate.

Saranno escluse le pietre alterabili all'azione degli agenti atmosferici e dell'acqua corrente.

Le pietre da taglio, oltre a possedere gli accennati requisiti e caratteri generali, dovranno essere sonore alla percussione, immuni da fenditure e litoclasti e di perfetta lavorabilità.

Il profilo dovrà presentare una resistenza alla compressione non inferiore a 1600 kg/cm² ed una resistenza all'attrito radente (Dorry) non inferiore a quella del granito di S. Fedelino, preso come termine di paragone.

- i) Tufi.** - Le pietre di tufo dovranno essere di struttura compatta ed uniforme, evitando quelle pomiciose e facilmente friabili, nonché i cappellacci e saranno impiegati solo in relazione alla loro resistenza.
- l) Cubetti di pietra.** - I cubetti di pietra da impiegare per la pavimentazione stradale debbono rispondere alle norme di accettazione emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- m) Mattoni.** - I mattoni dovranno essere ben formati con facce regolari, a spigoli vivi, di grana fina, compatta ed omogenea; presentare tutti i caratteri di una perfetta cottura, cioè essere duri, sonori alla percussione e non vetrificati; essere esenti da calcinelli e scevri da ogni difetto che possa nuocere alla buona riuscita delle murature; aderire fortemente alle malte; essere resistenti alla cristallizzazione dei solfati alcalini; non contenere solfati solubili od ossidi alcalino-terrosi, ed infine non essere eccessivamente assorbenti.
- I mattoni, inoltre, debbono resistere all'azione delle basse temperature, cioè se sottoposti quattro mattoni segati a metà, a venti cicli di immersione in acqua a 35 °C, per la durata di 3 ore e per altre 3 ore posti in frigorifero alla temperatura di - 10°, i quattro provini fatti con detti laterizi sottoposti alla prova di compressione debbono offrire una resistenza non minore dell'80% della resistenza presentata da quelli provati allo stato asciutto.
- I mattoni di uso corrente dovranno essere parallelepipedi, di lunghezza doppia della larghezza, di modello costante e presentare, sia all'asciutto che dopo prolungata immersione nell'acqua, una resistenza minima allo schiacciamento di almeno 160 Kg/cm².
- Essi dovranno corrispondere alle prescrizioni vigenti in materia.
- n) Bitumi.** - Debbono soddisfare alle "Norme per l'accettazione dei bitumi per usi stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Per trattamenti superficiali e semipenetrazione si adoperano i tipi B 180/200, B 130/150; per i trattamenti a penetrazione, pietrischetti bitumati, tappeti si adoperano i tipi B 80/100, B 60/80; per conglomerati chiusi i tipi B 60/80, B 50/60, B 40/50, B 30/40; per asfalto colato il tipo B 20/30.
- o) Bitumi liquidi.** - Debbono soddisfare alle "Norme per l'accettazione dei bitumi liquidi per usi stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Per i trattamenti a caldo si usano i tipi BL 150/300 e BL 350/700 a seconda della stagione e del clima.
- p) Emulsioni bituminose.** - Debbono soddisfare alle "Norme per l'accettazione delle emulsioni bituminose per usi stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- q) Catrami.** - Debbono soddisfare alle "Norme per l'accettazione dei catrami per usi stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche. Per i trattamenti si usano i tre tipi: C 10/40, C 40/125, C 125/500.
- r) Polvere asphaltica.** - Deve soddisfare alle "Norme per l'accettazione delle polveri di rocce asfaltiche per pavimentazioni stradali" emanate dal Consiglio Nazionale delle Ricerche.
- s) Materiali ferrosi.** - I materiali ferrosi da impiegare nei lavori dovranno essere esenti da scorie, soffiature, brecciate, paglie o da qualsiasi altro difetto apparente o latente di fusione, laminazione, trafilatura, fucinatura e simili.
- Essi dovranno rispondere a tutte le condizioni previste dalle vigenti disposizioni legislative, dal D.M. 17 gennaio 2018, nonché dalle norme UNI vigenti e presentare inoltre, a seconda della loro qualità, i seguenti requisiti:
- 1° Ferro. - Il ferro comune dovrà essere di prima qualità, eminentemente duttile e tenace e di marcatissima struttura fibrosa. Esso dovrà essere malleabile, liscio alla superficie esterna, privo di screpolature, senza saldature aperte e senza altre soluzioni di continuità.
 - 2° Acciaio dolce laminato. - L'acciaio extradolce laminato (comunemente chiamato ferro omogeneo) dovrà essere eminentemente dolce e malleabile, perfettamente lavorabile a freddo ed a caldo, senza presentare screpolature od alterazioni; dovrà essere saldabile e non suscettibile di prendere la tempra.
Alla rottura dovrà presentare struttura finemente granulata ed aspetto sericeo.
 - 3° Acciaio fuso in getti. - L'acciaio in getti per cuscinetti, cerniere, rulli di ponti e per qualsiasi altro lavoro, dovrà essere di prima qualità, esente da soffiature e da qualsiasi altro difetto.
 - 4° L'acciaio sagomato ad alta resistenza dovrà essere del tipo qualificato e controllato e con caratteristiche conformi al D.M. 17 gennaio 2018.
Le caratteristiche e le modalità degli acciai ad aderenza migliorata saranno quelle indicate nel D.M. 17 gennaio 2018.

5° Ghisa. - La ghisa dovrà essere di prima qualità e di seconda fusione, dolce, tenace, leggermente malleabile, facilmente lavorabile con la lima e con lo scalpello; di frattura grigia, finemente granosa e perfettamente omogenea, esente da screpolature, vene, bolle, sbavature, asperità ed altri difetti capaci di menomarne la resistenza. Dovrà essere inoltre perfettamente modellata.

E' assolutamente escluso l'impiego di ghise fosforose.

t) Legname. - I legnami, da impiegare in opere stabili o provvisorie, di qualunque essenza essi siano, dovranno rispondere a tutte le prescrizioni della vigente normativa, saranno provveduti tra le più scelte qualità della categoria prescritta e non presenteranno difetti incompatibili con l'uso a cui sono destinati.

I requisiti e le prove dei legnami saranno quelli contenuti nelle vigenti norme UNI.

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

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

I legnami a spigolo vivo dovranno essere lavorati e squadrati a sega con le diverse facce esattamente spianate, senza rientranze o risalti, e con gli spigoli tirati a filo vivo, senza alburno né smusso di sorta.

u) Geotessili. - I prodotti da utilizzarsi per costituire strati di separazione, contenimento, filtranti, drenaggio in opere di terra (rilevati, scarpate, strade, giardini, ecc.).

Il geotessile dovrà essere imputrescibile, resistente ai raggi ultravioletti, ai solventi, alle reazioni chimiche che si instaurano nel terreno, all'azione dei microrganismi ed essere antinquinante.

Dovrà essere fornito in opera in rotoli di larghezza la più ampia possibile in relazione al modo d'impiego. Il piano di stesa del geotessile dovrà essere perfettamente regolare.

Dovrà essere curata la giunzione dei teli mediante sovrapposizione di almeno 30 cm nei due sensi longitudinale e trasversale. I teli non dovranno essere in alcun modo esposti al diretto passaggio dei mezzi di cantiere prima della loro totale copertura con materiale da rilevato per uno spessore di almeno 30 cm.

Il geotessile dovrà essere conforme alle seguenti norme UNI EN 13249, UNI EN 13251, UNI EN 13252, UNI EN 13253, UNI EN 13254, UNI EN 13255, UNI EN 13256, UNI EN 13257, UNI EN 13265 ove applicabili.

Prove dei materiali

In correlazione a quanto prescritto circa la qualità e le caratteristiche dei materiali per la loro accettazione, l'Appaltatore sarà obbligato a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegarsi, nonché a quelle di campioni di lavori eseguiti, da prelevarsi in opera, sottostando a tutte le spese di prelevamento ed invio di campioni ad Istituto Sperimentale debitamente riconosciuto.

L'Appaltatore sarà tenuto a pagare le spese per dette prove, secondo le tariffe degli istituti stessi.

Dei campioni potrà essere ordinata la conservazione nel competente Ufficio Dirigente, munendoli di sigilli e firma della Direzione dei lavori e dell'Appaltatore, nei modi più adatti a garantire l'autenticità.

2.2. MALTE E CONGLOMERATI

I quantitativi dei diversi materiali da impiegare per la composizione delle malte e dei conglomerati, secondo le particolari indicazioni che potranno essere imposte dalla Direzione dei Lavori o stabilite nell'elenco prezzi, dovranno corrispondere alle seguenti proporzioni:

1°	Malta comune: Calce comune in pasta Sabbia	0,45 m ³ 0,90 m ³
----	--	--

2°	Malta semidraulica di pozzolana: Calce comune in pasta Sabbia Pozzolana	0,45 m ³ 0,45 m ³ 0,45 m ³
3°	Malta idraulica: Sabbia	0,90 m ³
4°	Malta idraulica di pozzolana: Calce comune in pasta Pozzolana	0,45 m ³ 0,90 m ³
5°	Malta cementizia: Sabbia	1,00 m ³
6°	Malta cementizia (per intonaci): Sabbia	1,00 m ³
7°	Calcestruzzo idraulico (per fondazione): Malta idraulica Pietrisco o ghiaia	0,45 m ³ 0,90 m ³
8°	Smalto idraulico per cappe: Malta idraulica Pietrisco	0,45 m ³ 0,90 m ³
9°	Conglomerato cementizio (per fondazioni non armate): Cemento normale (a lenta presa) Sabbia Pietrisco o ghiaia	2,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
10°	Conglomerato cementizio (per cunette, piazzuole, ecc.): Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia Pietrisco o ghiaia	2÷2,5 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
11°	Conglomerato per calcestruzzi semplici ed armati: Cemento Sabbia Pietrisco e ghiaia	3,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
12°	Conglomerato cementizio per pietra artificiale (per parapetti o coronamenti di ponti, ponticelli o tombini): Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia Pietrisco o ghiaia	3,50 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
13°	Conglomerato per sottofondo di pavimentazioni in cemento a doppio strato: Agglomerante cementizio a lenta presa Sabbia Pietrisco	2,00 q 0,400 m ³ 0,800 m ³
14°	Conglomerato per lo strato di usura di pavimenti in cemento a due strati, oppure per pavimentazioni ad unico strato: Cemento ad alta resistenza Sabbia Pietrisco	3,50 q 0,400 m ³ 0,800 m ³

Quando la Direzione dei Lavori ritenesse di variare tali proporzioni, l'Appaltatore sarà obbligato ad uniformarsi alle prescrizioni della medesima, salvo le conseguenti variazioni di prezzo in base alle nuove proporzioni previste. I materiali, le malte ed i conglomerati, esclusi quelli forniti in sacchi di peso determinato, dovranno ad ogni impasto essere misurati con apposite casse della capacità prescritta dalla Direzione dei Lavori e che l'Appaltatore sarà in obbligo di provvedere e mantenere a sue spese costantemente su tutti i piazzali ove verrà effettuata la manipolazione.

L'impasto dei materiali dovrà essere fatto a braccia d'uomo, sopra aree convenientemente pavimentate, oppure a mezzo di macchine impastatrici o mescolatrici.

Gli ingredienti componenti le malte cementizie saranno prima mescolati a secco, fino ad ottenere un miscuglio di tinta uniforme, il quale verrà poi asperso ripetutamente con la minore quantità di acqua possibile ma sufficiente, rimescolando continuamente.

Nella composizione di calcestruzzi con malta di calce comune od idraulica, si formerà prima l'impasto della malta con le proporzioni prescritte, impiegando la minore quantità di acqua possibile, poi si distribuirà la malta sulla ghiaia o pietrisco e si mescolerà il tutto fino a che ogni elemento sia per risultare uniformemente distribuito nella massa ed avviluppato di malta per tutta la superficie.

Per i conglomerati cementizi semplici o armati gli impasti dovranno essere eseguiti in conformità alle prescrizioni del D.M. 17 gennaio 2018.

Quando sia previsto l'impiego di acciai speciali sagomati ad alto limite elastico deve essere prescritto lo studio preventivo della composizione del conglomerato con esperienze di laboratorio sulla granulometria degli inerti e sul dosaggio di cemento per unità di volume del getto.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario compatibile con una sufficiente lavorabilità del getto e comunque non superiore allo 0,4 in peso del cemento, essendo inclusa in detto rapporto l'acqua unita agli inerti, il cui quantitativo deve essere periodicamente controllato in cantiere.

I getti debbono essere convenientemente vibrati.

Durante i lavori debbono eseguirsi frequenti controlli della granulometria degli inerti, mentre la resistenza del conglomerato deve essere comprovata da frequenti prove a compressione su cubetti prima e durante i getti.

Gli impasti sia di malta che di conglomerato, dovranno essere preparati solamente nella quantità necessaria, per l'impiego immediato, cioè dovranno essere preparati volta per volta e per quanto è possibile in vicinanza del lavoro. I residui di impasti che non avessero, per qualsiasi ragione, immediato impiego dovranno essere gettati a rifiuto, ad eccezione di quelli di malta formati con calce comune, che potranno essere utilizzati però nella sola stessa giornata del loro confezionamento.

Tutti i prodotti e/o materiali di cui al presente articolo, qualora possano essere dotati di marcatura CE secondo la normativa tecnica vigente, dovranno essere muniti di tale marchio.

Malte cementizie premiscelate a ritiro compensato (reoplastiche)

CARATTERISTICHE TECNICHE:

- resistenza alla compressione (determinata secondo D.M. 03.06.1968):

3 giorni ≥ 30 MPa

2 giorni ≥ 50 Mpa

- resistenza alla flessione (determinata secondo D.M. 03.06.1968):

3 giorni ≥ 5 MPa

28 giorni ≥ 12 MPa

- modulo elastico secante a compressione a 28 giorni (UNI 6556): (25.000 ± 3.000) MPa

- ritiro:

la malta dovrà presentare un'espansione contrastata determinata secondo UNI 8147 non inferiore a 0,03% a 7 giorni e dopo 28 giorni di stagionatura non minore del valore riscontrato a 7 gg;

- essudazione:

il materiale dovrà essere esente da essudazione secondo le Norme ASTM C 232;

- adesione al calcestruzzo a tre giorni: 2 MPa

le prove di adesione si faranno su travetti 7x7x28 cm composti da un cuneo in calcestruzzo di cemento avente $R_{bk} \geq 45$ KN e stagionato almeno 28 giorni, con una faccia inclinata di 20 gradi.

Quest'ultima verrà spazzolata con spazzola d'acciaio all'atto della sformatura e trattata con la mano d'attacco prevista in opera.

Si procederà infine al completamento del travetto mediante colaggio della malta di ripristino.

Il carico verrà applicato assialmente sulle due facce minori.

La resistenza richiesta è quella di taglio sulla faccia inclinata ($t = F/151 \times 10^{-2}$ MPa);

- le malte cementizie definite "resistenti ai solfati" dovranno essere confezionate solo con cemento ferrico avente un contenuto massimo di C3A del 3%.

Malte preosate a due componenti a base di leganti cementizi modificati con resine sintetiche
caratteristiche tecniche:

A) MALTE AVENTI MODULO ELASTICO A COMPRESSIONE A 28 GG (UNI 6556)

$E = (20.000 \pm 3.000)$ MPa

- resistenza alla compressione a: (determinata secondo D.M. 03.06.1968):

24 ore ≥ 15 MPa

28 giorni ≥ 50 MPa

- resistenza alla flessione (determinata secondo DM 03.06.1968):

28 giorni ≥ 12 MPa

- adesione al calcestruzzo determinata per trazione diretta su un provino cilindrico di diametro mm 50;

28 giorni $\geq 2,5$ MPa

B) MALTE AVENTI MODULO ELASTICO A COMPRESSIONE A 28 GG (UNI 6556)

$E = (9.000 \pm 2.000)$ MPa

- resistenza alla compressione (determinata secondo DM 03.06.1968)

3 giorni ≥ 15 MPa

28 giorni ≥ 21 MPa

- resistenza alla flessione (determinata secondo DM 03.06.1968):

28 giorni ≥ 7 MPa

- adesione al calcestruzzo determinata per trazione diretta su un provino cilindrico di diametro mm 50:

28 giorni ≥ 2 MPa

Malta a base di resine epossidiche

per rifacimenti, livellamenti, spessorazioni, formazione di baggioli, ecc.; costituita da tre elementi: resina, induritore e inerti silicei di appropriata granulometria preventivamente approvata dalla D.L.; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092	1,7 - 2,0 Kg/dm ³	
- vita utile ASTM C 881	5°C	1,5-3 ore
	10°C	1-2 ore
	20°C	20 minuti - 1 ora
	30°C	10 -25 minuti
- temperatura minima di indurimento 5°C		
- ritiro UNI 6687		0,005%
- resistenza a compressione D.M. 03-06-68		≥ 100 MPa
- resistenza a flessione D.M. 03-06-68		≥ 30 GPa
- modulo di elasticità a compressione E UNI 6556		20 GPa
- adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 adhesion test		≥ 3 MPa
- assorbimento d'acqua su provini da mm 40x40x160 UNI 7699		0,30%

Adesivi

Norme generali:

Sono prodotti utilizzati per ancorare un prodotto ad uno attiguo, in forma permanente, resistendo alle sollecitazioni meccaniche, chimiche, ecc. dovute all'ambiente ed alla destinazione d'uso.

Oltre a quanto specificato nel progetto, o negli articoli relativi alla destinazione d'uso, si intendono forniti rispondenti alle seguenti caratteristiche:

- compatibilità chimica con il supporto al quale essi sono destinati;
- durabilità ai cicli termoigrometrici prevedibili nelle condizioni di impiego (cioè con un decadimento delle caratteristiche meccaniche che non pregiudichino la loro funzionalità);
- durabilità alle azioni chimico-fisiche dovute ad agenti aggressivi presenti nell'atmosfera o nell'ambiente di destinazione;

Il soddisfacimento delle prescrizioni predette si intende comprovato quando il prodotto risponde ad una norma UNI e/o è in possesso di attestati di conformità; in loro mancanza si fa riferimento ai valori dichiarati dal produttore ed accettati dalla direzione dei lavori.

Pasta collante o stucco epossidico

per l'allettamento e/o l'ancoraggio e/o l'incollaggio di elementi strutturali di calcestruzzo prefabbricato o metallici di apparecchi di appoggio, per la messa in opera di tubetti - valvola per l'iniezione dei cavi di precompressione, per la sigillatura di fessure o di giunti, ecc.; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092		1,6 - 1,8 Kg/dm ³
- rapporto di miscela	vedere indicazioni fornite dal produttore	
- vita utile ASTM C 881	5°C	2 ore
	15°C	70 minuti
	22°C	1 ora
	30°C	30 minuti
- tempo di presa	5°C	10 ore
- ASTM C 308	15°C	5 ore
	22°C	3 ore
	30°C	2 ore
- temperatura minima di indurimento		+5°C
- resistenza a compressione UNI 4279		>= 65 MPa
- resistenza a trazione UNI 5819-66		>= 25 MPa
- resistenza a flessotrazione UNI 7219		>= 35 MPa
- modulo di elasticità a compressione E UNI 4279		c.a. 3 GPa
- modulo di elasticità a flessione E UNI 7219		c.a. 3 GPa
- adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 adhesion test		>= 3 MPa
- adesione metallo ASTM D 1002		>= 9 MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D 2566		c.a. 0.001
- coefficiente di dilatazione termica x 10 ⁻⁶ UNI 6061		c.a. 19cm/cm/°C
- penetrazione Cl - UNI 7928		nulla

I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla Direzione Lavori.

Adesivo strutturale epossidico

per il collegamento tra conglomerato cementizio fresco e stagionato; dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- peso specifico UNI 7092		c.a. 1,3 kg/dm ³
- rapporto di miscela	vedere indicazioni fornite dal produttore	
- vita utile ASTM C 881	5°C	4 ore
	15°C	3 ore
	22°C	2 ore
	30°C	1 ore
- tempo di presa	5°C	16 ore
	15°C	10 ore
	22°C	8 ore
	30°C	4 ore
- open time	5°C	5 ore
	15°C	2 ore
	22°C	70 minuti

- viscosità ASTM D 2393 a 22°C	2000 cps. +- 500
- temperatura minima di indurimento	3°C
- resistenza a compressione UNI 4279	>= 90 MPa
- resistenza a compressione UNI 5819-66	>= 40 MPa
- resistenza a flessotrazione UNI 7219	>= 50 MPa
- modulo di elasticità a compressione E UNI 4279	c.a. 3 GPa
- adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 adhesion test	>= 3 MPa
- adesione metallo ASTM D 1002	>= 9,5 MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D 2566	c.a. 0,0013
- coefficiente di dilatazione termica X 10 ⁻⁶ UNI 6061	c.a. 20 cm/cm/°C

I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla Direzione Lavori.

Sistema epossidico bicomponente

per iniezioni di guaine, microfessure o cavità interne nelle strutture; caratteristiche tecniche:

- peso specifico UNI 7092		1 - 1,1 kg/dm ³
- rapporto di miscela	vedere indicazioni fornite dal produttore	
- vita utile ASTM C 881	5°C	1-2 ore
	15°C	35-90 minuti
	22°C	20-60 minuti
	30°C	10-35 minuti
- tempo di presa	15°C	4-10 ore
	22°C	3-6 ore
	30°C	2-3 ore
- viscosità ASTM D 2393 a	22°C	50-300 cps.
- temperatura minima di indurimento		+ 5°C
- allungamento		3-4%
- resistenza a compressione UNI 4279		>= 65 MPa
- resistenza a trazione UNI 5819-66		>= 40 MPa
- resistenza a flessotrazione UNI 7219		>= 50 MPa
- modulo di elasticità a compressione E UNI 4279		>= 3 GPa
- adesione al calcestruzzo UNI 8298/1 adhesion test		>= 3 MPa
- adesione metallo ASTM D 1002		>= 9 MPa
- ritiro lineare cm/cm ASTM D 2566		c.a. 0,0013
- coefficiente di dilatazione termica X 10 ⁻⁶ UNI 6061		c.a. 19 cm/cm/°C
- ass. acqua % UNI 7699		=< 0,3
- penetrazione Cl - UNI 7928		nulla
- comportamento in presenza d'acqua: l'eventuale presenza di acqua non dovrà costituire impedimento alla policondensazione della miscela;		
- protezione chimica dei ferri di armatura: la miscela dovrà avere un PH basaiico compreso tra 10,5 e 12,5.		

Prodotto impregnante sintetico

bicomponente a base acrilica per il consolidamento del supporto di calcestruzzo ai rivestimenti. Dovrà avere le seguenti caratteristiche:

- peso specifico		c.a. 1,1 Kg/dm ³
- vita utile	5°C	0,4 ore
	15°C	0,3 ore
- viscosità a	22°C	50cps
- temperatura minima di indurimento		0°C
- resistenza a compressione UNI 4279		>= 70 MPa

- resistenza a trazione UNI 5819-66 >= 30 MPa
 - forza di adesione al calcestruzzo ASTM D 1002 >= 4 MPa
 - coefficiente di dilatazione termica $\times 10^{-6}$ c.a. 20 cm/cm/°C
- I valori della vita utile e il tempo di presa indicati sopra potranno essere variati dalla

Vernici protettive

I prodotti vernicianti sono prodotti applicati allo stato fluido, costituiti da un legante (naturale o sintetico), da una carica e da un pigmento o terra colorante che, passando allo stato solido, formano una pellicola o uno strato non pellicolare sulla superficie. Si distinguono in:

- tinte: se non formano pellicola e si depositano sulla superficie;
- impregnanti: se non formano pellicola e penetrano nelle porosità del supporto;
- pitture: se formano pellicola ed hanno un colore proprio;
- vernici: se formano pellicola e non hanno un marcato colore proprio;
- rivestimenti plastici: se formano pellicola di spessore elevato o molto elevato (da 1 a 5 mm circa), hanno colore proprio e disegno superficiale più o meno accentuato.

I prodotti vernicianti devono possedere valori adeguati delle seguenti caratteristiche in funzione delle prestazioni loro richieste:

- dare colore in maniera stabile alla superficie trattata;
- essere traspiranti al vapore d'acqua;
- avere funzione impermeabilizzante;
- impedire il passaggio dei raggi U.V.;
- ridurre il passaggio della CO₂;
- avere adeguata reazione e/o resistenza al fuoco (quando richiesto);
- avere funzione passivante del ferro (quando richiesto);
- resistenza alle azioni chimiche degli agenti aggressivi (climatici, inquinanti);
- resistere (quando richiesto) all'usura.

I limiti di accettazione saranno quelli prescritti nel progetto od in mancanza quelli dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori.

I dati si intendono presentati secondo le norme UNI 8757 e UNI 8759 ed i metodi di prova sono quelli definiti nelle norme UNI.

Materiali elastomerici per protezione delle superfici di conglomerato cementizio

costituiti da primer sintetico con catalizzatori flessio-stabilizzanti e da una mano di rivestimento impermeabile avente le seguenti caratteristiche tecniche:

- peso specifico 1,3 sul prodotto miscelato
- residuo secco 65%
- allungamento a rottura a +20°C 450% minimo
a -10° C 250% minimo
- trasmissione di vapore acqueo (WVT secondo ASTM E 96 - 66) 0.040 mg, cmq., mm 24h
- infiammabilità autoestingente
- invecchiamento accelerato (2000 h weather - o - meter) buono, opacizzazione superficiale
- temperatura di esercizio da - 35°C a + 90°C
- nebbia salina (secondo ASTM 96 non si devono riscontrare variazioni delle - 66 per 100 h) caratteristiche meccaniche

Vernice monocomponente a base di resine metacriliche in solvente: caratteristiche tecniche

- permeabilità al vapore acqueo (determinata secondo DIN 52615 – UNI EN ISO 7783-2) di uno spessore di vernice = 80 mi m >= 25 g/m² in 24 ore
- resistenza alla diffusione dell'anidride carbonica (determinata come specificata nel seguito) di uno spessore di vernice = 80 mi m >= di uno strato d'aria spesso 120 m
- adesione (adhesion test) >= 3 MPa

Nelle prove di laboratorio i supporti saranno costituiti da travetti 4x4x16 cm di calcestruzzo di cemento

dosato a 500 Kg/m³ - Dmax 20 mm curva di fuller; A/C 0,45 - 0,50.

Se il distacco nella prova di trazione avviene per rottura del calcestruzzo, cioè la forza di adesione del rivestimento risulta superiore alla forza di coesione dello strato superficiale del calcestruzzo stesso, la prova sarà ritenuta ugualmente valida.

- resistenza all'abrasione (determinata mediante "taber abraster", con mola tipo CS 10):

dopo 1000 giri con carico di 1Kg <= 10 mg

- resistenza agli agenti atmosferici.

Il rivestimento applicato secondo le modalità prescritte dalla casa produttrice su un supporto in calcestruzzo, del tipo specificato in precedenza, verrà sottoposto ad invecchiamento artificiale.

Dopo l'esposizione il rivestimento non dovrà presentare formazione di microfessure, sfarinamento o affioramento di pigmenti o carichi.

Per l'invecchiamento artificiale è previsto un ciclo della seguente composizione:

Agente aggressivo	Durata	Temperatura
Radiazione ultravioletta	40 H	60°C
Immersione in soluzione satura di CaCl ₂ e CaSO ₄ al 0,2%	80 H	10°C
Gelo (dopo lavaggio in acqua per eliminare il CaCl ₂)	80 H	- 15°C
Radiazione ultravioletta	40 H	60°C
Camera all'ozono	40 H	25°C
Gelo	40 H	- 15°C
Radiazione ultravioletta	40 H	60°C
Immersione in soluzione satura di CaCl ₂ e CaSO ₄ al 0,2%	80 H	10°C

Dopo questo ciclo di invecchiamento artificiale, le caratteristiche tecniche della vernice sopra riportate potranno subire un peggioramento non superiore al 10%.

Descrizione del metodo di misurazione della resistenza alla diffusione verso il biossido di carbonio (CO₂): è una grandezza priva di dimensione ed indica di quante volte il rivestimento considerato è più impermeabile verso il CO₂ rispetto ad uno strato d'aria dello stesso spessore.

Dalle pellicole di vernice preparate saranno ritagliati dischi circolari con diametro mm 90. Applicando il metodo della colata a caldo e con impiego di uno speciale preparato di cera, questi provini verranno fissati su bacinelle di alluminio nelle quali prima è stato versato un granulato di amianto sodico come mezzo di assorbimento del CO₂. I provini così preparati verranno introdotti in un essiccatore dotato di agitatore d'aria, con la superficie del fondo ricoperta con pentossido di fosforo per un totale assorbimento dell'umidità. Attraverso il tubo laterale dell'essiccatore verrà introdotta una miscela di gas preventivamente messa a punto e composta per 9 parti di aria sintetica ed una parte di CO₂.

L'introduzione di questa miscela di gas già essiccata sarà fatta mediante un tubo flessibile fino a toccare la superficie del fondo. Da una seconda apertura praticata al tubo laterale verrà estratto il gas usato. In tale modo i film del rivestimento fissati sulle bacinelle di metallo leggero verranno a trovarsi in una caduta parziale di pressione per CO₂ il cui gradiente si forma dalla differenza di concentrazione del CO₂ e dallo spessore dei dischi di prova. La concentrazione di CO₂ nella miscela gassosa introdotta ammonta a 1/10 parte volume, all'interno della bacinella di metallo leggero non è presente biossido di carbonio.

Ad intervalli di tempo stabiliti le bacinelle verranno tolte dall'essiccatore per breve tempo e pesate. Sulla base dell'incremento del peso può essere accertata la quantità di CO₂ in fase di diffusione per unità di superficie e di tempo. Con l'inserimento di questa densità quantitativa di flusso nell'equazione.

$$u = DL \cdot \frac{c}{Js \cdot s}$$

verrà calcolato il coefficiente di resistenza alla diffusione descritto all'inizio, essendo:

u	Coefficiente di resistenza alla diffusione (-)
DL	Coefficiente di diffusione nell'aria di CO ₂ (m ² /s)
/c/	Valore della differenza di concentrazione del biossido di carbonio nell'aria (Kgxm ³)
Js	Densità quantitativa del flusso di biossido di carbonio misurata (Kg/m ² xs)
s	Spessore dello strato di permeazione (m)

ESECUZIONE DELLE OPERE

2.3. MATERIALI E PRODOTTI PER USO STRUTTURALE

Generalità

I materiali ed i prodotti per uso strutturale, utilizzati nelle opere soggette al D.M. 17 gennaio 2018 devono rispondere ai requisiti indicati nel seguito.

I materiali e prodotti per uso strutturale devono essere:

- *identificati* univocamente a cura del fabbricante, secondo le procedure applicabili;
- *qualificati* sotto la responsabilità del fabbricante, secondo le procedure di seguito richiamate;
- *accettati* dal Direttore dei lavori mediante acquisizione e verifica della documentazione di identificazione e qualificazione, nonché mediante eventuali prove di accettazione.

Per ogni materiale o prodotto identificato e qualificato mediante Marcatura CE è onere del Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, accertarsi del possesso della marcatura stessa e richiedere copia della documentazione di marcatura CE e della Dichiarazione di Prestazione di cui al Capo II del Regolamento UE 305/2011, nonché – qualora ritenuto necessario, ai fini della verifica di quanto sopra - copia del certificato di costanza della prestazione del prodotto o di conformità del controllo della produzione in fabbrica, di cui al Capo IV ed Allegato V del Regolamento UE 305/2011, rilasciato da idoneo organismo notificato ai sensi del Capo VII dello stesso Regolamento (UE) 305/2011.

Per i prodotti non qualificati mediante la Marcatura CE, il Direttore dei Lavori dovrà accertarsi del possesso e del regime di validità della documentazione di qualificazione o del Certificato di Valutazione Tecnica. I fabbricanti possono usare come Certificati di Valutazione Tecnica i Certificati di Idoneità tecnica all'impiego, già rilasciati dal Servizio Tecnico Centrale prima dell'entrata in vigore delle presenti norme tecniche, fino al termine della loro validità.

Sarà inoltre onere del Direttore dei Lavori, nell'ambito dell'accettazione dei materiali prima della loro installazione, verificare che tali prodotti corrispondano a quanto indicato nella documentazione di identificazione e qualificazione, nonché accertare l'idoneità all'uso specifico del prodotto mediante verifica delle prestazioni dichiarate per il prodotto stesso nel rispetto dei requisiti stabiliti dalla normativa tecnica applicabile per l'uso specifico e dai documenti progettuali.

Le prove su materiali e prodotti, a seconda delle specifiche procedure applicabili, devono generalmente essere effettuate da:

- a) laboratori di prova notificati ai sensi del Capo VII del Regolamento UE 305/2011;
- b) laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e smi;
- c) altri laboratori, dotati di adeguata competenza ed idonee attrezzature, previo nulla osta del Servizio Tecnico Centrale.

2.3.1. VALUTAZIONE PRELIMINARE CALCESTRUZZO

L'appaltatore, prima dell'inizio della costruzione dell'opera, deve effettuare idonee prove preliminari di studio ed acquisire idonea documentazione relativa ai componenti, per ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da utilizzare, al fine di ottenere le prestazioni richieste dal progetto.

Nel caso di forniture provenienti da impianto di produzione industrializzata con certificato di controllo della produzione in fabbrica, tale documentazione è costituita da quella di identificazione, qualificazione e controllo dei prodotti da fornire.

Il Direttore dei Lavori ha l'obbligo di acquisire, prima dell'inizio della costruzione, la documentazione relativa alla valutazione preliminare delle prestazioni e di accettare le tipologie di calcestruzzo da fornire, con facoltà di far eseguire ulteriori prove preliminari.

Il Direttore dei Lavori ha comunque l'obbligo di eseguire controlli sistematici in corso d'opera per verificare la corrispondenza delle caratteristiche del calcestruzzo fornito rispetto a quelle stabilite dal progetto.

2.3.2. OPERE IN CONGLOMERATO CEMENTIZIO ARMATO E PRECOMPRESSO

Nell'esecuzione delle opere in cemento armato normale e precompresso l'Appaltatore dovrà attenersi strettamente a tutte le norme vigenti per l'accettazione dei cementi e per l'esecuzione delle opere in conglomerato cementizio e a struttura metallica (D.M. 17 gennaio 2018 e D.P.R. 380/2001 e s.m.i.).

Nella formazione dei conglomerati di cemento si deve avere la massima cura affinché i componenti riescano intimamente mescolati, bene incorporati e ben distribuiti nella massa.

Gli impasti debbono essere preparati soltanto nella quantità necessaria per l'impiego immediato e cioè debbono essere preparati di volta in volta e per quanto possibile in vicinanza del lavoro.

Per ogni impasto si devono misurare le quantità dei vari componenti, in modo da assicurare che le proporzioni siano nella misura prescritta, mescolando da prima a secco il cemento con la sabbia, poi questa con la ghiaia o il pietrisco ed in seguito aggiungere l'acqua con ripetute aspersioni, continuando così a rimescolare l'impasto finché assuma l'aspetto di terra appena umida.

Costruito ove occorra il cassero per il getto, si comincia il versamento dello smalto cementizio che deve essere battuto fortemente a strati di piccola altezza finché l'acqua affiori in superficie. Il getto sarà eseguito a strati di spessore non superiore a 15 cm.

Contro le pareti dei casseri, per la superficie in vista, si deve disporre della malta in modo da evitare per quanto sia possibile la formazione di vani e di ammanchi.

I casseri occorrenti per le opere di getto debbono essere sufficientemente robusti da resistere senza deformarsi alla spinta laterale dei calcestruzzi durante la pigiatura.

Quando sia ritenuto necessario, i conglomerati potranno essere vibrati con adatti mezzi. I conglomerati con cemento ad alta resistenza è opportuno che vengano vibrati.

La vibrazione deve essere fatta per strati di conglomerato dello spessore che verrà indicato dalla Direzione dei lavori e comunque non superiore a 15 cm ed ogni strato non dovrà essere vibrato oltre un'ora dopo il sottostante. I mezzi da usarsi per la vibrazione potranno essere interni (vibratori a lamiera o ad ago) ovvero esterni da applicarsi alla superficie esterna del getto o alle casseforme. I vibratori interni sono in genere più efficaci, si deve però evitare che essi provochino spostamenti nelle armature. La vibrazione superficiale viene di regola applicata alle solette di piccolo e medio spessore (massimo 20 cm).

Quando sia necessario vibrare la cassaforma è consigliabile fissare rigidamente il vibratore alla cassaforma stessa che deve essere opportunamente rinforzata. Sono da consigliarsi vibratori a frequenza elevata (da 4.000 a 12.000 cicli al minuto ed anche più).

I vibratori interni vengono immersi nel getto e ritirati lentamente in modo da evitare la formazione dei vuoti; nei due percorsi si potrà avere una velocità media di 8-10 cm/sec; lo spessore del singolo strato dipende dalla potenza del vibratore e dalla dimensione dell'utensile.

Il raggio di azione viene rilevato sperimentalmente caso per caso e quindi i punti di attacco vengono distanziati in modo che l'intera massa risulti lavorata in maniera omogenea (distanza media 50 cm).

Si dovrà mettere particolare cura per evitare la segregazione del conglomerato; per questo esso dovrà essere asciutto con la consistenza di terra umida debolmente plastica.

La granulometria dovrà essere studiata anche in relazione alla vibrazione: con malta in eccesso si ha sedimentazione degli inerti in strati di diversa pezzatura, con malta in difetto si ha precipitazione della malta e vuoti negli strati superiori.

La vibrazione non deve prolungarsi troppo, di regola viene sospesa quando appare in superficie un lieve strato di malta omogenea ricca di acqua.

Man mano che una parte del lavoro è finita, la superficie deve essere periodicamente innaffiata affinché la presa avvenga in modo uniforme, e, quando occorra, anche coperta con sabbia o tela mantenuta umida per proteggere l'opera da variazioni troppo rapide di temperatura.

Le riprese debbono essere, per quanto possibile, evitate.

Quando siano veramente inevitabili, si deve umettare bene la superficie del conglomerato eseguito precedentemente se questo è ancora fresco; dove la presa sia iniziata o fatta si deve raschiare la superficie stessa e prima di versare il nuovo conglomerato, applicare un sottile strato di malta di cemento e sabbia nelle proporzioni che, a seconda della natura dell'opera, saranno di volta in volta giudicate necessarie dalla Direzione dei Lavori, in modo da assicurare un buon collegamento dell'impasto nuovo col vecchio. Si deve fare anche la lavatura se la ripresa non è di fresca data.

In tutti i casi il conglomerato deve essere posto in opera per strati disposti normalmente agli sforzi dai quali la massa muraria di calcestruzzo è sollecitata.

Quando l'opera venga costruita per tratti o segmenti successivi, ciascuno di essi deve inoltre essere formato e disposto in guisa che le superfici di contatto siano normali alla direzione degli sforzi a cui la massa muraria, costituita dai tratti o segmenti stessi, è assoggettata.

Le pareti dei casseri di contenimento del conglomerato di getto possono essere tolte solo quando il conglomerato abbia raggiunto un grado di maturazione sufficiente a garantire che la solidità dell'opera non abbia per tale operazione a soffrirne neanche minimamente.

Per lavori da eseguirsi con smalto cementizio in presenza di acqua marina, si debbono usare tutte le cure speciali atte particolarmente ad impedire la penetrazione di acqua di mare nella massa cementizia.

Per il cemento armato da eseguirsi per opere lambite dalle acque marine ovvero da eseguirsi sul litorale marino ovvero a breve distanza dal mare, l'armatura metallica dovrà essere posta in opera in modo da essere protetta da almeno uno spessore di 4 centimetri di calcestruzzo, e le superfici esterne delle strutture in cemento armato dovranno essere boiaccate.

Per il cemento armato precompresso si studieranno la scelta dei componenti e le migliori proporzioni dell'impasto con accurati studi preventivi di lavori.

Per le opere in cemento armato precompresso devono essere sempre usati, nei calcestruzzi, cementi ad alta resistenza con le prescritte caratteristiche degli inerti da controllarsi continuamente durante la costruzione, impasti e dosaggi da effettuarsi con mezzi meccanici, acciai di particolari caratteristiche meccaniche, osservando scrupolosamente in tutto le norme di cui al D.M. 17 gennaio 2018 e al D.P.R. 380/2001 e s.m.i.

Qualunque sia l'importanza delle opere da eseguire in cemento armato, all'Appaltatore spetta sempre la completa ed unica responsabilità della loro regolare ed esatta esecuzione in conformità del progetto appaltato e degli elaborati di esecutivi che gli saranno consegnati mediante ordini di servizio dalla Direzione dei lavori in corso di appalto e prima dell'inizio delle costruzioni.

L'Appaltatore dovrà avere a disposizione per la condotta effettiva dei lavori un ingegnere competente per i lavori in cemento armato, il quale risiederà sul posto per tutta la durata dei lavori medesimi. Spetta in ogni caso all'Appaltatore la completa ed unica responsabilità della regolare ed esatta esecuzione delle opere in cemento armato.

Le prove di carico verranno eseguite a spese dell'Appaltatore e le modalità di esse saranno fissate dalla Direzione dei Lavori, tenendo presente che tutte le opere dovranno essere atte a sopportare i carichi fissati nelle norme sopra citate.

Le prove di carico non si potranno effettuare prima di 50 giorni dall'ultimazione del getto.

2.3.3. ACCIAIO

Prescrizioni comuni a tutte le tipologie di acciaio

Gli acciai per l'armatura del calcestruzzo normale devono rispondere alle prescrizioni contenute nel vigente D.M. attuativo della legge 1086/71 (D.M. 17 gennaio 2018) e relative circolari esplicative.

È fatto divieto di impiegare acciai non qualificati all'origine.

Forniture e documentazione di accompagnamento

Tutte le forniture di acciaio, per le quali non sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale.

Il riferimento a tale attestato deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un commerciante intermedio devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal Produttore e completati con il riferimento al documento di trasporto del commerciante stesso.

La Direzione dei Lavori prima della messa in opera, è tenuta a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del produttore.

Le forme di controllo obbligatorie

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni per tutti gli acciai prevedono tre forme di controllo

obbligatorie (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1):

- in stabilimento di produzione, da eseguirsi sui lotti di produzione;
- nei centri di trasformazione;
- di accettazione in cantiere.

A tale riguardo *il Lotto di produzione* si riferisce a produzione continua, ordinata cronologicamente mediante apposizione di contrassegni al prodotto finito (rotolo finito, bobina di trefolo, fascio di barre, ecc.). Un lotto di produzione deve avere valori delle grandezze nominali omogenee (dimensionali, meccaniche, di formazione) e può essere compreso tra 30 e 120 tonnellate.

La marcatura e la rintracciabilità dei prodotti qualificati

Ciascun prodotto qualificato deve costantemente essere riconoscibile per quanto concerne le caratteristiche qualitative e riconducibile allo stabilimento di produzione tramite marchiatura indelebile depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità.

Per stabilimento si intende una unità produttiva a sé stante, con impianti propri e magazzini per il prodotto finito. Nel caso di unità produttive multiple appartenenti allo stesso fabbricante, la qualificazione deve essere ripetuta per ognuna di esse e per ogni tipo di prodotto in esse fabbricato.

Considerata la diversa natura, forma e dimensione dei prodotti, le caratteristiche degli impianti per la loro produzione, nonché la possibilità di fornitura sia in pezzi singoli sia in fasci, differenti possono essere i sistemi di marchiatura adottati, anche in relazione all'uso, quali, per esempio, l'impressione sui cilindri di laminazione, la punzonatura a caldo e a freddo, la stampigliatura a vernice, l'apposizione di targhe o cartellini, la sigillatura dei fasci e altri. Permane, comunque, l'obbligatorietà del marchio di laminazione per quanto riguarda le barre e i rotoli.

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche ma fabbricati nello stesso stabilimento, e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Per quanto possibile, anche in relazione all'uso del prodotto, il produttore è tenuto a marcare ogni singolo pezzo. Ove ciò non sia possibile, per la specifica tipologia del prodotto, la marcatura deve essere tale che, prima dell'apertura dell'eventuale ultima e più piccola confezione (fascio, bobina, rotolo, pacco, ecc.), il prodotto sia riconducibile al produttore, al tipo di acciaio, nonché al lotto di produzione e alla data di produzione.

Tenendo presente che gli elementi determinanti della marcatura sono la sua inalterabilità nel tempo e l'impossibilità di manomissione, il produttore deve rispettare le modalità di marcatura denunciate nella documentazione presentata al servizio tecnico centrale, e deve comunicare tempestivamente le eventuali modifiche apportate.

Il prodotto di acciaio non può essere impiegato in caso di:

- mancata marcatura;
- non corrispondenza a quanto depositato;
- illeggibilità, anche parziale, della marcatura.

Eventuali disposizioni supplementari atte a facilitare l'identificazione e la rintracciabilità del prodotto attraverso il marchio possono essere emesse dal servizio tecnico centrale.

Tutti i certificati relativi alle prove meccaniche degli acciai, sia in stabilimento che in cantiere o nel luogo di lavorazione, devono riportare l'indicazione del marchio identificativo, rilevato a cura del laboratorio incaricato dei controlli, sui campioni da sottoporre a prove. Ove i campioni fossero sprovvisti di tale marchio, oppure il marchio non dovesse rientrare fra quelli depositati presso il Servizio Tecnico Centrale, le certificazioni emesse dal laboratorio non possono assumere valenza ai sensi delle presenti norme e di ciò ne deve essere fatta esplicita menzione sul certificato stesso. In tal caso il materiale non può essere utilizzato ed il laboratorio incaricato è tenuto ad informare di ciò il Servizio Tecnico Centrale.

Unità marcata scorporata: ulteriori indicazioni della Direzione dei Lavori per le prove di laboratorio

Può accadere che durante il processo costruttivo, presso gli utilizzatori, presso i commercianti o presso i

trasformatori intermedi, l'unità marcata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marcatura del prodotto. In questo caso, tanto gli utilizzatori quanto i commercianti e i trasformatori intermedi, oltre a dover predisporre idonee zone di stoccaggio, hanno la responsabilità di documentare la provenienza del prodotto mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il servizio tecnico centrale.

In tal caso, i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori.

Conservazione della documentazione d'accompagnamento

I produttori ed i successivi intermediari devono assicurare una corretta archiviazione della documentazione di accompagnamento dei materiali garantendone la disponibilità per almeno 10 anni. Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, il costruttore deve inoltre assicurare la conservazione della medesima documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

Forniture e documentazione di accompagnamento

Le nuove norme tecniche stabiliscono che tutte le forniture di acciaio devono essere accompagnate dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale (D.M. 17 gennaio 2018 paragrafo 11.3.1.5) e dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Tutte le forniture di acciaio, per le quali sussista l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate dalla "Dichiarazione di prestazione" di cui al Regolamento UE 305/2011, dalla prevista marcatura CE nonché dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito.

Il riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto deve essere riportato sul documento di trasporto.

Le forniture effettuate da un distributore devono essere accompagnate da copia dei documenti rilasciati dal fabbricante e completati con il riferimento al documento di trasporto del distributore stesso.

Nel caso di fornitura in cantiere non proveniente da centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato ed a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del fabbricante.

Centri di trasformazione

Il Centro di trasformazione, impianto esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile, che riceve dal produttore di acciaio elementi base (barre o rotoli, reti, lamiere o profilati, profilati cavi, ecc.) e confeziona elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni, può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dalla documentazione prevista dalle norme vigenti.

La Direzione dei Lavori è tenuta a verificare la conformità a quanto indicato al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018 e a rifiutare le eventuali forniture non conformi, ferme restando le responsabilità del centro di trasformazione. Gli atti di cui sopra sono consegnati al collaudatore che, tra l'altro, riporta nel Certificato di collaudo gli estremi del Centro di trasformazione che ha fornito il materiale lavorato.

Rintracciabilità dei prodotti

Il centro di trasformazione può ricevere e lavorare solo prodotti qualificati all'origine, accompagnati dall'attestato di qualificazione del servizio tecnico centrale.

Particolare attenzione deve essere posta nel caso in cui nel centro di trasformazione vengano utilizzati elementi base, comunque qualificati, ma provenienti da produttori differenti, attraverso specifiche procedure documentate che garantiscano la rintracciabilità dei prodotti.

Documentazione di accompagnamento e verifiche della Direzione dei Lavori

Tutti i prodotti forniti in cantiere dopo l'intervento di un centro di trasformazione devono essere

accompagnati da idonea documentazione, che identifichi in modo inequivocabile il centro di trasformazione stesso e che consenta la completa tracciabilità del prodotto. In particolare, ogni fornitura in cantiere di elementi presaldati, presagomati o preassemblati deve essere accompagnata:

1. da dichiarazione, su documento di trasporto, degli estremi dell'Attestato di "Denuncia dell'attività del centro di trasformazione", rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale, recante il logo o il marchio del centro di trasformazione;
2. dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno di cui al D.M. 17 gennaio 2018, fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata;
3. da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante ai sensi del punto 11.3.1.5 del D.M. 17 gennaio 2018 in relazione ai prodotti utilizzati nell'ambito della specifica fornitura. Copia della documentazione fornita dal fabbricante e citata nella dichiarazione del centro di trasformazione, è consegnata al Direttore dei Lavori se richiesta.

2.3.4. ACCIAIO PER USI STRUTTURALI

Prescrizioni per gli acciai per usi strutturali

L'acciaio, costituito da una lega ferro-carbonio, si distingue in funzione della percentuale di carbonio presente in peso; in particolare si suddividono in: acciai dolci ($C=0,15\%-0,25\%$), acciai semiduri, duri e durissimi ($C>0,75\%$).

Gli acciai per usi strutturali, denominati anche *acciai da costruzione* o *acciai da carpenteria* hanno un tenore di carbonio indicativamente compreso tra 0,1% e 0,3%. Il carbonio infatti, pur elevando la resistenza, riduce sensibilmente la duttilità e la saldabilità del materiale; per tale motivo gli acciai da costruzione devono essere caratterizzati da un basso tenore di carbonio.

I componenti dell'acciaio, comprensivi del ferro e del carbonio, non dovranno comunque superare i valori limite percentuali specificati nella normativa europea UNI EN 10025-5 (per i laminati).

A tal proposito gli acciai vengono suddivisi in "legati" e "non legati", a seconda se l'acciaio considerato contiene tenori della composizione chimica che rientrano o meno nei limiti della UNI EN 10020 per i singoli elementi costituenti.

Per la realizzazione di strutture metalliche e di strutture composte si dovranno in tutti i casi utilizzare acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), e già recanti la Marcatura CE secondo norma UNI EN 1090-1.

Solo per i prodotti per cui non sia applicabile la marcatura CE si rimanda a quanto specificato al punto B del punto 11.1 del D.M. 17 gennaio 2018 e si applica la procedura di cui ai punti 11.3.1.2 e 11.3.4.11.1 del citato decreto.

Per le palancole metalliche e per i nastri zincati di spessore ≤ 4 mm si farà riferimento rispettivamente alle UNI EN 10248-1 ed UNI EN 10346.

Per l'identificazione e qualificazione di elementi strutturali in acciaio realizzati in serie nelle officine di produzione di carpenteria metallica e nelle officine di produzione di elementi strutturali, si applica quanto specificato al punto 11.1, caso A) del decreto, in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 1090-1.

Per la dichiarazione delle prestazioni ed etichettatura si applicano i metodi previsti dalle norme europee armonizzate, ed in particolare:

- Dichiarazione delle caratteristiche geometriche e delle proprietà del materiale.
- Dichiarazione delle prestazioni dei componenti, da valutarsi applicando le vigenti Appendici Nazionali agli Eurocodici;
- Dichiarazione basata su una determinata specifica di progetto, per la quale si applicano le presenti norme tecniche.

In ogni caso ai fini dell'accettazione e dell'impiego, tutti i componenti o sistemi strutturali devono rispondere ai requisiti della norma tecnica del D.M. 17 gennaio 2018; in particolare i materiali base devono essere qualificati all'origine ai sensi del punto 11.1 di detta norma.

Per l'accertamento delle caratteristiche meccaniche indicate nel seguito, il prelievo dei saggi, la posizione nel pezzo da cui essi devono essere prelevati, la preparazione delle provette e le modalità di prova devono

rispondere alle prescrizioni delle norme UNI EN ISO 377, UNI EN ISO 6892-1 e UNI EN ISO 148-1.

Per le tipologie dei manufatti realizzati mediante giunzioni saldate, il costruttore dovrà essere certificato secondo la norma UNI EN ISO 3834 (parte 2 e 4).

In sede di progettazione, per gli acciai di cui alle norme europee UNI EN 10025, UNI EN 10210 ed UNI EN 10219-1, si possono assumere nei calcoli i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento f_{yk} e di rottura f_{tk} riportati nelle tabelle seguenti.

Laminati a caldo con profili a sezione aperta

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	420	550
UNI EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
UNI EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	580
UNI EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

Laminati a caldo con profili a sezione cava

Norme e qualità degli acciai	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		40 mm $< t \leq 80$ mm	
	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]	f_{yk} [N/mm ²]	f_{tk} [N/mm ²]
UNI EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
UNI EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

S 460 NH/NHL	460	550		
--------------	-----	-----	--	--

2.3.5. METALLI NON FERROSI

I metalli non ferrosi da impiegare nei lavori (rame, bronzo, ottone, alluminio, piombo, zinco, stagno) devono essere delle migliori qualità, ben fusi o laminati a seconda della specie di lavori a cui sono destinati, e scevri da ogni impurità o difetto che ne vizi la forma, o ne alteri la resistenza o la durata.

Rame:

dovrà essere duttile, malleabile: nella fattura dovrà risultare malleabile, dal colore tendente al giallo rossastro. Il rame dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- rame crudo in barre, lastre: carico di rottura a trazione: 350-450 N/mm²;
- rame semicrudo in filo: carico di rottura a trazione: 290-340 N/mm²;
- rame ricotto in barre, in lastre: carico di rottura : 210-240 N/mm².

Bronzo:

dovrà rispondere ai seguenti requisiti:

- bronzo crudo in barre, nastri, fili : lega ottenuta per fusione di componenti Cu94/90 e Sn 6/10;
- bronzo ricotto in nastri, fili: lega come sopra;
- bronzo fusione per serramenti, maniglie ecc. costituito da Cu 83,86 + Sn 15,32 + Pb 0,43 + Zn 0,28.

Ottone:

dovrà essere dato da una lega di rame e zinco nelle proporzioni di 30% di zinco e 70% di rame con tolleranza non superiore del 2%. L'ottone dovrà corrispondere ai seguenti requisiti:

- ottone di fusione composto da Cu 67 + Zn 30 + Pb 3; carico di rottura a trazione 300-780 N/mm²;
- ottone laminato in lastre, composto da Cu 70 + Zn 30; carico di rottura a trazione 420-520 N/mm².

Alluminio:

per uso corrente dovrà essere impiegato con il titolo 99%; per tutti gli altri usi (compreso le coperture in genere) dovrà essere impiegato con titolo 99,5%.

Zinco:

dovrà essere duttile, di colore bianco-azzurrognolo; al fuoco reso rosso, deve bruciare nell'aria dando dei fiocchi leggeri di ossido di zinco.

2.3.6. TUBAZIONI

In materia si fa richiamo al D.M. 12.12.1985 in G.U. n. 61 del 14.03.86 riguardante "Norme tecniche relative alle tubazioni" e relative circolari esplicative

Tubi di ghisa

I tubi di ghisa saranno perfetti in ogni loro parte, esenti da ogni difetto di fusione, di spessore uniforme e senza soluzione di continuità. Prima della loro messa in opera, a richiesta della Direzione Lavori, saranno incatramati a caldo internamente ed esternamente.

Tubi di acciaio

I tubi di acciaio dovranno essere trafilati e perfettamente calibrati. Quando i tubi di acciaio saranno zincati dovranno presentare una superficie ben pulita e scevra da grumi; lo strato di zinco sarà di spessore uniforme e ben aderente al pezzo, di cui dovrà ricoprire ogni parte.

Tubi di grés

I materiali di grés ceramico devono essere a struttura omogenea, smaltati internamente ed esternamente con smalto vetroso, non deformato, privi di screpolature, lavorati accuratamente e con innesto a manico o bicchiere. I tubi saranno cilindrici e diritti tollerandosi solo eccezionalmente nel senso della lunghezza, curvature con freccia inferiore a 1/100 della lunghezza di ciascun elemento. In ciascun pezzo i manicotti devono essere conformati in modo da permettere una buona giunzione, e l'estremità opposta sarà lavorata esternamente a scannellatura. I pezzi battuti leggermente con un corpo metallico dovranno rispondere con un suono argentino per denotare buona cottura ed assenza di screpolature non apparenti.

Lo smalto vetroso deve essere liscio specialmente all'interno, aderire perfettamente alla pasta ceramica, essere di durezza non inferiore a quella dell'acciaio ed inattaccabile dagli alcali e dagli acidi concentrati, ad eccezione soltanto del fluoridrico. La massa interna deve essere semifusa, omogenea, senza noduli estranei, assolutamente priva di calce, dura, compatta, resistente agli acidi (escluso il fluoridrico) ed agli alcali, impermeabile, in modo che un pezzo immerso, perfettamente secco, nell'acqua non ne assorba più del 3,5

per cento in peso; ogni elemento di tubazione, provato isolatamente, deve resistere alla pressione interna di almeno tre atmosfere.

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 frattura 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.

Tubi in calcestruzzo vibrocompresso armato

Le tubazioni dovranno essere prefabbricate, prodotte con il sistema "vibrocompressione" al fine di garantire i requisiti di continuità, compattezza, uniformità di qualità e di spessore.

La tipologia da impiegarsi sarà quella a sezione circolare, con base di appoggio piana e bicchiere esterno, con incastro a bicchiere e guarnizione di tenuta incorporata nel giunto durante la produzione.

Le tubazioni dovranno essere armate con gabbia rigida in acciaio, idonea a resistere ai carichi di riempimento di prima fase ed ai carichi propri per una strada di 1° Categoria in funzione della larghezza dello scavo e delle modalità di reinterro dello stesso.

L'Impresa ha l'onere di fornire tutti i calcoli di verifica della stabilità, che dovranno essere redatti e firmati da un tecnico laureato iscritto all'Albo professionale.

Le tubazioni dovranno avere caratteristiche rispondenti alla norma UNI EN 1916 ed essere marcati CE.

Tubi e raccordi in p.v.c.

I manufatti in pvc dovranno avere i marchi di conformità dell'Istituto Italiano dei Plastici (I.I.P) e dovranno essere corrispondenti alle norme UNI EN 1401.

I materiali dovranno presentare superfici lisce, integre e non deformate; la massima cautela dovrà essere osservata durante le operazioni di trasporto, carico, scarico ed accatastamento.

Tubi in polietilene ad alta densità

I tubi in polietilene ad alta densità (PEAD) da impiegarsi per le condotte di scarico civili ed industriali non in pressione, dovranno essere prodotti in conformità alla norma prEN 13476-1 per tubi strutturati in PE di tipo B, possedere classe di rigidità anulare SN4 (pari a 4 KN/mq) – salvo diverse indicazioni progettuali- misurata secondo EN ISO 9969, giuntati a bicchiere o manicotto con guarnizioni elastomeriche di tenuta in EPDM realizzate in conformità alla EN 681-1.

I tubi, lisci internamente e corrugati esternamente, dovranno essere realizzati a doppia parete con coestrusione ed irrigiditi con costolatura anulare.

I tubi da impiegare dovranno recare la marcatura di qualità dell'Istituto Italiano dei Plastici e le marcature previste dalla norma prEN 13476-1; inoltre, dovrà essere assicurata e certificata la tenuta idraulica del sistema di giunzione, collaudata a 0,5 bar in pressione ed a 0,3 bar in depressione (EN 1277) e dovrà essere certificata la resistenza all'abrasione in accordo alla norma DIN 19566, parte 2.

2.3.7. PRODOTTI PER IMPERMEABILIZZAZIONE

Si intendono prodotti per impermeabilizzazione quelli che si presentano sotto forma di:

- membrane in fogli e/o rotoli da applicare a freddo od a caldo, in fogli singoli o pluristrato;
- prodotti forniti in contenitori (solitamente liquidi e/o in pasta) da applicare a freddo od a caldo su eventuali armature (che restano inglobate nello strato finale) fino a formare in sito una membrana continua.

a) Le membrane si designano descrittivamente in base:

- 1) al materiale componente (esempio: bitume ossidato fillerizzato, bitume polimero elastomero, bitume polimero plastomero, etilene propilene diene, etilene vinil acetato, ecc.);
- 2) al materiale di armatura inserito nella membrana (esempio: armatura vetro velo, armatura poliammide tessuto, armatura polipropilene film, armatura alluminio foglio sottile, ecc.);
- 3) al materiale di finitura della faccia superiore (esempio: poliestere film da non asportare, polietilene film da non asportare, graniglie, ecc.);
- 4) al materiale di finitura della faccia inferiore (esempio: poliestere nontessuto, sughero, alluminio foglio sottile, ecc.).

b) I prodotti forniti in contenitori si designano descrittivamente come segue:

- 1) mastici di rocce asfaltiche e di asfalto sintetico;
- 2) asfalti colati;
- 3) malte asfaltiche;
- 4) prodotti termoplastici;
- 5) soluzioni in solvente di bitume;
- 6) emulsioni acquose di bitume;
- 7) prodotti a base di polimeri organici.

c) Ai fini della loro accettazione, preliminarmente all'impiego, dovranno essere sottoposti all'esame del Direttore Lavori i campioni dei prodotti che si intendono utilizzare, corredati da attestato di conformità alle prescrizioni di capitolato.

Al momento della fornitura, il Direttore Lavori potrà procedere a controlli (anche parziali) sui prodotti.

Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI citate di seguito.

Membrane per coperture di edifici in relazione allo strato funzionale

Le membrane per coperture di edifici in relazione allo strato funzionale (1) che vanno a costituire (esempio strato di tenuta all'acqua, strato di tenuta all'aria, strato di schermo e/o barriera al vapore, strato di protezione degli strati sottostanti, ecc.) devono rispondere alle prescrizioni del progetto ed, in mancanza od a loro completamento, alle seguenti;

a) Le membrane destinate a formare strati di schermo e/o barriera al vapore devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- flessibilità a freddo;
- resistenza a trazione;
- comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- invecchiamento termico in acqua;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente a trazione ed avere adeguata impermeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma UNI 9380-1/2, oppure per i prodotti non normali, rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione dei Lavori (2).

b) Le membrane destinate a formare strati di continuità, di diffusione o di egualizzazione della pressione di vapore, di irrigidimento o ripartizione dei carichi, di regolarizzazione, di separazione e/o scorrimento o drenante devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- comportamento all'acqua;
- invecchiamento termico in acqua.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma UNI 9168-1/2, oppure per i prodotti non normati, rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla Direzione Lavori (7).

c) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'aria devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza e spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione ed alla lacerazione;
- comportamento all'acqua;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed alla permeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma UNI 9168, oppure per i prodotti non normati, ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori (3).

(1) Gli strati funzionali si intendono definiti come riportato nella norma UNI 8178.

(2) Le membrane rispondenti alle varie parti della norma UNI 8629 per le caratteristiche precitate sono valide anche per questo impiego.

(3) Le membrane rispondenti alle norme UNI 9380 e UNI 8629 (varie parti) per le caratteristiche precitate sono valide anche per

d) Le membrane destinate a formare strati di tenuta all'acqua devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alla lacerazione;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionale in seguito ad azione termica;
- stabilità di forma a caldo;
- impermeabilità all'acqua e comportamento all'acqua;
- permeabilità al vapore d'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria ed acqua;
- resistenza all'ozono (solo per polimeriche e plastomeriche);
- resistenza ad azioni combinate (solo per polimeriche e plastomeriche);
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione ed avere impermeabilità all'aria.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma UNI 8629 (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori.

e) Le membrane destinate a formare strati di protezione degli strati sottostanti devono soddisfare:

- le tolleranze dimensionali (lunghezza, larghezza, spessore);
- difetti, ortometria e massa areica;
- resistenza a trazione e alle lacerazioni;
- punzonamento statico e dinamico;
- flessibilità a freddo;
- stabilità dimensionali a seguito di azione termica; stabilità di forma a caldo (esclusi prodotti a base di PVC, EPDM, IIR);
- comportamento all'acqua;
- resistenza all'azione perforante delle radici;
- invecchiamento termico in aria;
- le giunzioni devono resistere adeguatamente alla trazione;
- l'autoprotezione minerale deve resistere all'azione di distacco.

Per quanto riguarda le caratteristiche predette esse devono rispondere alla norma UNI 8629 (varie parti), oppure per i prodotti non normati rispondere ai valori dichiarati dal fabbricante ed accettati dalla direzione dei lavori.

Membrane a base di elastomeri e di plastomeri

Le membrane a base di elastomeri e di plastomeri dei tipi elencati nel seguente comma a) utilizzate per impermeabilizzazione delle opere elencate nel seguente comma b) devono rispondere alle prescrizioni elencate nel successivo comma c).

I criteri di accettazione sono quelli indicati in premessa, punto c).

a) I tipi di membrane considerate sono:

- membrane in materiale elastomerico (4) senza armatura;
- membrane in materiale elastomerico dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico (5) flessibile senza armatura;
- membrane in materiale plastomerico flessibile dotate di armatura;
- membrane in materiale plastomerico rigido (per esempio polietilene ad alta o bassa densità, reticolato o

questo impiego.

(4) Per materiale elastomerico si intende un materiale che sia fondamentalmente elastico anche a temperature superiori o inferiori a quelle di normale impiego e/o che abbia subito un processo di reticolazione (per esempio gomma vulcanizzata).

(5) Per materiale plastomerico si intende un materiale che sia relativamente elastico solo entro un intervallo di temperatura corrispondente generalmente a quello di impiego ma che non abbia subito alcun processo di reticolazione (come per esempio cloruro di polivinile plastificato o altri materiali termoplastici flessibili o gomme non vulcanizzate).

non, polipropilene);

- membrane polimeriche a reticolazione posticipata (per esempio polietilene clorosolfanato) dotate di armatura;

- membrane polimeriche accoppiate (6).

b) Classi di utilizzo (7):

Classe A - membrane adatte per condizioni eminentemente statiche del contenuto (per esempio, bacini, dighe, sbarramenti, ecc.).

Classe B - membrane adatte per condizioni dinamiche del contenuto (per esempio, canali, acquedotti, ecc.).

Classe C - membrane adatte per condizioni di sollecitazioni meccaniche particolarmente gravose, concentrate o no (per esempio, fondazioni, impalcati di ponti, gallerie, ecc.).

Classe D - membrane adatte anche in condizioni di intensa esposizione agli agenti atmosferici e/o alla luce.

Classe E - membrane adatte per impieghi in presenza di materiali inquinanti e/o aggressivi (per esempio, discariche, vasche di raccolta e/o decantazione, ecc.).

Classe F - membrane adatte per il contratto con acqua potabile o sostanze di uso alimentare (per esempio, acquedotti, serbatoi, contenitori per alimenti, ecc.).

c) Le membrane di cui al comma a) sono valide per gli impieghi di cui al comma b) purchè rispettino le caratteristiche previste nelle varie parti della norma UNI 8898.

Prodotti forniti sotto forma di liquidi o paste

I prodotti forniti solitamente sotto forma di liquidi o paste destinati principalmente a realizzare strati di tenuta all'acqua (ma anche altri strati funzionali della copertura piana) e a secondo del materiale costituente, devono rispondere alle prescrizioni seguenti.

I criteri di accettazione sono quelli indicati in premessa, punto c).

- Bitumi da spalmatura per impermeabilizzazioni (in solvente e/o emulsione acquosa) devono rispondere ai limiti specificati, per diversi tipi, alle prescrizioni della norma UNI 4157.

- Le malte asfaltiche per impermeabilizzazione devono rispondere alla norma UNI 5660 FA 227.

- Gli asfalti colati per impermeabilizzazioni devono rispondere alla norma UNI 5654 FA 191.

- Il mastice di rocce asfaltiche per la preparazione di malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alla norma UNI 4377 FA 233.

- Il mastice di asfalto sintetico per la preparazione delle malte asfaltiche e degli asfalti colati deve rispondere alla norma UNI 4378 FA 234.

- I prodotti fluidi od in pasta a base di polimeri organici (bituminosi, epossidici, poliuretanic, epossipoliuretanic, epossicatrame, polimetencatrame, polimeri clorurati, acrilici, vinilici, polimeri isomerizzati) devono essere valutati in base alle caratteristiche prescritte o, in assenza di prescrizioni, in base alle caratteristiche dichiarate dal produttore nella sua documentazione tecnica ed accettate dalla Direzione dei Lavori. I criteri di accettazione sono quelli indicati in premessa, punto c) e comunque conformi alle norme UNI 9527 FA1 ed UNI 9528 FA1.

Prodotti diversi (sigillanti, adesivi)

Ai fini della loro accettazione, preliminarmente all'impiego, dovranno essere sottoposti all'esame del Direttore Lavori i campioni dei prodotti che si intendono utilizzare, corredati da attestato di conformità alle prescrizioni di capitolato.

Al momento della fornitura, il Direttore Lavori potrà procedere a controlli (anche parziali) sui prodotti.

Nel caso di contestazione si intende che le procedure di prelievo dei campioni, i metodi di prova e valutazione dei risultati sono quelli indicati nelle norme UNI esistenti.

(6) Membrane polimeriche accoppiate o incollate sulla faccia interna ad altri elementi aventi funzioni di protezione o altra funzione particolare, comunque non di tenuta. In questi casi, quando la parte accoppiata all'elemento polimerico impermeabilizzante ha importanza fondamentale per il comportamento in opera della membrana, le prove devono essere eseguite sulla membrana come fornita dal produttore.

(7) Nell'utilizzo delle membrane polimeriche per impermeabilizzazione, possono essere necessarie anche caratteristiche comuni a più classi. In questi casi devono essere presi in considerazione tutti quei fattori che nell'esperienza progettuale e/o applicativa risultano di importanza preminente o che per legge devono essere considerati tali.

2.3.8. IMPERMEABILIZZAZIONE DI IMPALCATI

IMPERMEABILIZZAZIONE Con mastici di asfalto sintetico

CARATTERISTICHE TECNICHE DEI MATERIALI

Legante:

dovrà essere costituito da una miscela di bitume 40/50 e Trinidad Epurè in rapporto minimo di 5 a 1 in peso. In alternativa potranno essere usati, previa approvazione della Direzione Lavori, altri bitumi naturali (quali il Selenitza) o gomme termoplastiche del tipo approvato dalla D.L. I dosaggi di questi materiali saranno definiti da uno studio preliminare da presentare alla Direzione Lavori per la necessaria approvazione.

Il legante sarà dosato in ragione del 15-19% in peso sulla miscela di inerti (corrispondenti al 13-16% in peso sulla miscela finale), compreso il bitume contenuto nel filler asphaltico. Il bitume 40/50 dovrà avere un indice di penetrazione (IP) compreso tra -1 e +1 calcolato secondo la formula:

$IP=20u^{-500}v/u$ in cui

$v=\log 800 - \log \text{Penetrazione a } 25^{\circ}\text{C}$

$u=\text{temperatura di P. a A. } (^{\circ}\text{C}) - 25.$

Filler

dovrà essere passante totalmente al setaccio 0,18 UNI (ASTM n° 80) e per il 90% al setaccio 0,075 UNI (ASTM n° 200) (granulometria da effettuare per via umida) contenuto per il 30-35% in peso sulla miscela di inerti. Il suo potere stabilizzante dovrà essere tale che la miscela bitume 40/50/filler, nel rapporto in peso di 1 a 2, dovrà avere un punto di rammollimento P. e A. di almeno 15°C superiore a quello del bitume puro.

Sabbia

dovrà essere totalmente passante al setaccio 2,5 UNI, pulita ed esente da materiali estranei, naturale e/o di frantumazione, di granulometria ben graduata da 0,075 a 2,5 mm (sarà tollerato al massimo un 5% in peso sulla miscela di inerti).

Miscela finale

la parte lapidea della miscela (sabbia + filler) dovrà avere una percentuale di vuoti (v) compresa tra il 18 ed il 23%. Il legante totale dovrà saturare tutti gli spazi vuoti, garantendo inoltre una eccedenza compresa tra il 5 ed il 7% ($VB - v = 5-7$ in cui VB è la percentuale in volume del legante sulla miscela finale). Il mastice completo, confezionato nel rispetto delle norme sopra esposte dovrà avere, nelle prove Wilhelmi (Norma DIN 1966) compreso tra 100 e 115 °C. Alla stessa prova il mastice prelevato al confezionamento od alla stesa potrà presentare valori compresi tra 100 e 130°C.

IMPERMEABILIZZAZIONE Con guaine bituminose armate con non tessuti in poliestere:

Il manto impermeabile sarà realizzato con guaine preformate, armate con tessuto in poliestere dello spessore complessivo di 4-5 mm, dei quali 2-3 mm di massa bituminosa nella parte inferiore ed un massimo di 0,5 mm sempre di massa bituminosa al di sopra dell'armatura.

Le caratteristiche della massa bituminosa saranno le seguenti:

- | | |
|--|-------------|
| - punto di rammollimento P. e A. | 130 - 140°C |
| - punto di rottura Frass | -15°C |
| - penetrazione (con peso di 100 gr) a 25°C | 20 - 30 dmm |

L'armatura sarà costituita da tessuto "non tessuto" ottenuto a partire da fibre di poliestere ad alto titolo e tenacia, solidamente collegate tra di loro e termicamente stabilizzate. Le armature dovranno inoltre avere variazioni dimensionali (tra - 30°C e +200°C) minori del 3%; punto di fusione (in bagno di opportuni olii) non inferiore a 250°C; inalterabilità all'azione dei microrganismi; perfetta adesione ed impregnabilità con le masse bituminose descritte in precedenza.

Il primer di adesione alle superfici in calcestruzzo cementizio, sarà costituito da soluzione di bitume polimerizzato, a medio punto di rammollimento (P. e A. 85-90°C), additivato di miscele di butadieni (l'adesione del primer di attacco alla soletta non dovrà risultare inferiore a 2 Kg/cmq). La viscosità del primer, misurata in "tazza" Ford 4 a 25°C, dovrà essere compresa tra 20 e 25 s.

Il manto dovrà risultare impermeabile, dopo la stesa e la compattazione su di esso dei conglomerati bituminosi, sotto una pressione di 10 kg/cmq, in permeatro, a 60°C, per 5 ore, anche nelle zone di giunto.

2.3.9. PULITURA DEI MATERIALI

La pulitura consiste in una serie di operazioni per rimuovere dalla superficie di un materiale le sostanze estranee, patogene generatrici di degrado e si avvale di metodi fisici e/o chimici da impiegare con gradualità e intensità diversa in rapporto al tipo di sostanza che si intende eliminare.

Per questo motivo risulta certamente un'operazione tra le più complesse e delicate all'interno del progetto di conservazione e quindi necessita di un'attenta analisi del quadro patologico generale, di un'approfondita conoscenza della specifica natura del degrado, dello stato di consistenza fisico-materica dei manufatti. Un livello di conoscenza indispensabile per verificare la natura del supporto e dell'agente patogeno, per determinare il processo chimico che innesca il degrado e, di conseguenza, la scelta dei prodotti e delle metodologie più appropriati di intervento (raccomandazioni NORMAL).

All'Appaltatore sarà, quindi, vietato effettuare qualsiasi tipo di operazione e l'utilizzo di prodotti, anche prescritti, senza la preventiva esecuzione di prove applicative o esplicita autorizzazione della Direzione dei Lavori. In ogni caso ciascun intervento di pulitura dovrà esclusivamente preoccuparsi di eliminare tutte quelle forme patologiche in grado di generare degrado al manufatto senza pensare quindi all'aspetto estetico e cromatico post-intervento. Qualsiasi operazione di pulitura infatti genera un'azione comunque abrasiva nei confronti dei materiali, andando sempre e in ogni modo ad intaccare (seppur minimamente) la loro pellicola naturale (pelle) che si dovrà cercare di conservare integralmente. I singoli interventi vanno realizzati puntualmente, mai in modo generalizzato, partendo sempre e comunque da operazioni più blande passando via via a quelle più forti ed aggressive.

In particolare fra i manufatti impiegati in edilizia i materiali a pasta porosa (pietre, marmi, cotti) sono quelli che risentono maggiormente dell'interazione con gli agenti endogeni ed esogeni. La loro superficie, già profondamente caratterizzata e segnata superficialmente dalla eventuale lavorazione, diviene, una volta in opera, terreno di una serie delicatissima di modificazioni, legate alle condizioni al contorno e determinate dall'esposizione agli agenti atmosferici. In primo luogo a contatto con l'aria si ha una variazione delle caratteristiche chimiche e fisiche della superficie, dove si forma, nell'arco di anni, una patina ossidata più o meno levigata. La patina può esercitare un'azione protettiva sul materiale retrostante, ne determina la facies cromatica e, in definitiva, ne caratterizza l'effetto estetico. La patina naturale è il prodotto di un lento processo di microvariazioni ed è quindi una peculiarità del materiale storico; non solo, ma la sua formazione su manufatti esposti alle attuali atmosfere urbane è totalmente pregiudicata dall'azione delle sostanze inquinanti che provocano un deterioramento degli strati esterni molto più rapido della genesi della patina.

Al naturale processo irreversibile di graduale formazione di patine superficiali non deterio gene si sono sostituiti, negli ultimi decenni, meccanismi di profonda alterazione innescati dalle sostanze acide presenti nell'atmosfera inquinata. Sostanze che hanno una grande affinità con acqua e con la maggioranza dei materiali a pasta porosa. La formazione di croste o la disgregazione superficiale sono i risultati più evidenti di questa interazione.

La pulitura dei materiali porosi deve quindi in primo luogo rimuovere dalla loro superficie le sostanze patogene, rispettando la patina naturale, quando esista ancora, ed allontanando i prodotti di reazione (croste nere, efflorescenze, macchie) che possono proseguire l'azione di deterioramento. Inoltre, dal momento che nella maggior parte dei casi si interviene su materiale già profondamente degradato, il trattamento di pulitura deve essere attentamente calibrato: non deve provocare un ulteriore indebolimento, a livello micro o macroscopico, esercitando un'azione troppo incisiva; non deve asportare frammenti indeboliti, decoesionati o esfoliati; non deve attivare sostanze che possono risultare dannose; deve arrestarsi, per proseguire con altre tecniche, qualora l'asportazione dei depositi possa compromettere l'integrità del materiale.

Valutazione del sistema di pulitura

La pulitura consisterà nella rimozione di materiale indesiderato presente sulla superficie dell'oggetto o in prossimità della stessa. La superficie di un oggetto verrà pulita sia per la sua conservazione e/o manutenzione sia per migliorarne la leggibilità.

Un oggetto del patrimonio culturale è insostituibile e la pulitura è finalizzata alla sua conservazione. Una valutazione sbagliata dei problemi tecnici che possono verificarsi durante la pulitura può causare danni irreversibili all'oggetto. I beni culturali dovrebbero essere puliti utilizzando la procedura meno

invasiva/distruttiva al fine di preservarli nelle migliori condizioni. Inoltre, un intervento inadeguato o inappropriato può causare o accelerare futuri processi di deterioramento, o eliminare materiali non documentati o che consentirebbero una maggiore comprensione della storia dell'oggetto.

I materiali da rimuovere possono includere prodotti di alterazione dei materiali costitutivi, inquinanti particolati dell'aria, polvere, efflorescenze saline, incrostazioni parzialmente o totalmente solubili, strati di materiali intenzionalmente applicati che sono inappropriati o non più funzionali, biofilm, licheni, muschi.

La pulitura, come parte del piano di conservazione, si baserà sulla individuazione dei materiali che si devono rimuovere e dei materiali che si devono conservare.

Per soddisfare questo obiettivo, sarà necessario trovare il giusto equilibrio tra i seguenti requisiti: selettività, efficacia e controllabilità.

Prima di effettuare la pulitura si valuterà l'efficacia e il potenziale danno (nocività) eseguendo dei test di prova in aree predeterminate.

La norma UNI EN 17138 - "Conservazione del Patrimonio Culturale - Metodi e materiali per la pulitura di materiali inorganici porosi" descrive i sistemi di pulitura fornendo un elenco di specifiche tecniche utili per la loro selezione e ottimizzazione al fine di consentire una corretta e sistematica valutazione. Per "materiale inorganico poroso" s'intende materiale comprendente pietre naturali, ad esempio arenaria, calcare, marmo, granito, gneiss, gesso e materiali artificiali, come malta, intonaco, mattone, ceramica, cemento e altri.

Si seguirà quindi lo standard normativo UNI che illustra la metodologia e i requisiti per la pulitura particolarmente applicabili alla pietra naturale, alla ceramica, all'intonaco, alle malte e al calcestruzzo, inteso come guida per tutti i professionisti della conservazione (architetti, ispettori, conservatori/restauratori, esperti scientifici della conservazione, curatori, ecc.) coinvolti nella conservazione degli oggetti.

L'obiettivo della pulitura potrà consistere nella rimozione di qualsiasi combinazione di materiali indesiderati, quali: rivestimenti protettivi degradati, materiali superficiali o sub-superficiali, che costituiscono una minaccia presente o futura per la conservazione, materiali che impediscono la leggibilità dell'oggetto o che lo deturpano, depositi giudicati incompatibili con la natura storica dell'oggetto.

Sistemi di pulitura

Un primo livello di pulitura tende a rimuovere essenzialmente i depositi incoerenti (generalmente formati da particolato atmosferico, carbonioso o terroso) che si accumulano per gravità o dopo essere state veicolate da acqua atmosferica o di risalita (efflorescenze saline) e che non realizzano alcun tipo di coesione o di reazione con il materiale sottostante. Questo tipo di deposito possiede una debole potenzialità patogena, che varia moltissimo in rapporto alla composizione delle sostanze e al materiale su cui si sedimentano, anche i tempi di aggressione possono essere differenti, e dipendono dalla presenza o meno di sostanze attivatrici (per lo più l'acqua, che entra in quasi tutte le reazioni patologiche) o catalizzatrici.

Un secondo livello di pulitura prevede la rimozione di depositi composti esclusivamente o prevalentemente da sostanze allo gene che, tendono a solidarizzarsi alla superficie del manufatto con un legame essenzialmente meccanico, senza intaccare (o intaccando in minima parte) la natura chimica del materiale. L'entità e la coesione di questi depositi dipendono dalla porosità del materiale. Le sostanze da rimuovere possono essere ancora particolato atmosferico, penetrato in profondità, magari veicolato da acqua, oppure sali (carbonati) depositati per esempio da acqua di dilavamento, o presenti come macchie.

Un terzo livello di pulitura prevede invece la rimozione dello strato superficiale che si forma sul materiale allorché le sostanze esterne, volatili o solide, si combinano con il materiale di finitura, mutandone la composizione chimica e dando origine a prodotti secondari, di reazione: è il caso dell'ossido di ferro (ruggine) che si forma sulle superfici metalliche, o dei prodotti gessosi, che vengono definiti croste in ragione del loro aspetto, i quali si formano sui materiali lapidei. Perdurando l'apporto delle sostanze patologiche dall'esterno, si ha un progresso continuo dell'attacco in profondità, con distacco e caduta delle parti esterne degradate.

Per rimuovere i materiali incoerenti sono sufficienti blandi sistemi meccanici: aspiratori, stracci, scope e spazzole in fibra vegetale, saggina, (meno incisive di quelle in materiale sintetico), aria compressa. Questi metodi possono venire integrati dall'impiego puntuale di bisturi, spatole, piccole spazzole in nailon o metalliche.

Per rimuovere i depositi fortemente coesi e solidarizzati i metodi sopra elencati possono essere integrati da

cicli di pulitura più incisivi, che trovano larga applicazione soprattutto nel trattamento dei materiali di rivestimento e, in generale, di pietre, murature, malte e, in molti casi (ad esclusione dei sistemi che impiegano acqua), anche di legno e metalli.

Spray di acqua - A bassa pressione (3-4 atmosfere). Uno dei metodi meno abrasivi; i risultati migliori si ottengono nebulizzando o, meglio, atomizzando l'acqua, utilizzando appositi ugelli, in numero adeguato alla superficie da pulire: le goccioline d'acqua rimuovono i composti solubili e, data la piccola dimensione, raggiungono capillarmente la superficie da trattare. Non si potranno trattare materiali che possono essere danneggiati dall'acqua (molti tipi di rivestimenti, oltre, naturalmente, a legno e metalli) o che sono formati da sostanze solubili o comunque poco resistenti all'azione solvente dell'acqua (come molte pietre, malte e pitturazioni). Dato che il sistema, per essere efficace, richiede tempi di esercizio piuttosto ampi (1-2 giorni), è opportuno provvedere alla raccolta dell'acqua impiegata in grande quantità, effettuando il trattamento in periodi caldi. È fondamentale impiegare acqua deionizzata, priva di impurità e di sali in soluzione, che si depositerebbero sulla superficie trattata. Le particelle d'acqua dovranno avere dimensioni medie comprese tra 5 e 10 micron. L'irrorazione utilizzerà una pressione di circa 3 atmosfere. L'operazione dovrà essere effettuata con temperatura esterna di almeno 14 gradi centigradi ed effettuata ad intervalli regolari, in ogni caso il tempo di intervento non dovrà mai eccedere le 4 ore consecutive di apporto d'acqua per evitare l'eccessiva impregnazione da parte delle murature. La produzione di acqua deionizzata si potrà effettuare in cantiere tramite utilizzo di specifica apparecchiatura con gruppo a resine scambio ioniche di portata sufficiente a garantire una corretta continuità di lavoro, gruppo motopompa a rotore in PVC per l'adduzione dell'acqua deionizzata di alimentazione ai nebulizzatori, la formazione di adatti circuiti idraulici con tubi in PVC per la distribuzione ad un sufficiente numero di ugelli nebulizzatori completi di rubinetti per la limitazione del flusso, tubi terminali flessibili con ugelli conici per la regolazione fine della nebbia di uscita. In ogni caso l'adatto tempo di intervento sarà da determinarsi su zone campione a tempi crescenti concordati con la Direzione dei Lavori.

Microsabbiatura - La microsabbiatura di precisione tramite microaeroabrasivo utilizza aria compressa disidratata e ugelli in grado di proiettare inerti di vario tipo sulle superfici da pulire. Si possono utilizzare ugelli di vario diametro (0,4 - 3 mm) da scegliere in rapporto alla pressione d'esercizio (0,5 - 4 atm), alla granulometria dell'inerte, al tipo di supporto da pulire. Gli inerti potranno essere microsfele di vetro o di allumina, corindone bianco, silice micronizzata, del diametro di qualche decina di micron (coefficiente di durezza della scala mohs = 9; dimensioni sfere 100-150-180-200 mesh), carbonato di calcio o bicarbonato di sodio che hanno durezza di poco superiore alla superficie da pulire (durezza=3 mohs).

Il vantaggio dell'impiego della microsabbiatura risiede nella possibilità di esercitare l'azione abrasiva con grande puntualità e con gradualità, anche in zone particolarmente sfavorevoli (sottosquadri, cornici) regolando la pressione di esercizio; per essere impiegata al meglio, e per la delicatezza dell'apparecchiatura richiede l'intervento di operatori altamente qualificati e l'impiego su superfici poco estese. È particolarmente indicata sui materiali lapidei, in cotto e su intonaci compatti.

Vortice d'aria elicoidale - Il sistema (Jos) sfrutta un vortice d'aria elicoidale a bassissima pressione (0,1 - 1,0 bar) ed inerti con granulometria di pochi micron quali il carbonato di calcio, gusci di noce, noccioli, polvere di vetro, granturco macinato (durezza da 1 a 4 mohs, granulometria da 5 a 300 micron). Potrà essere impiegato a secco o a umido con bassi impieghi di quantitativi d'acqua (5 -60 l/h) a seconda del tipo di ugello e della superficie da ripulire. La proiezione a vortice degli inerti colpisce la superficie secondo direzioni subtangenziali, secondo più angoli di incidenza, ottenendo pertanto buoni risultati di pulitura sia su superfici lapidee che su metalli, legni, superfici pittoriche ed affreschi nel pieno rispetto delle Raccomandazioni Normal. Potrà impiegarsi su superfici sporche di particellato atmosferico, incrostazioni calcaree, croste nere, graffiti, alghe, muschi e licheni. Il moto vorticoso impresso all'aria è creato dall'ugello che potrà essere di varie dimensioni. Il sistema richiede l'impiego di compressori di grandi dimensioni dotati di regolatore di pressione. La distanza di esercizio tra ugello e materiale varia normalmente tra i cm 35 e i 45.

Aeroabrasivo ad umido a bassa pressione - Si impiegheranno sistemi ad aria compressa a bassa pressione (1-5 bar) e ugelli di vario diametro (mm 1-8). La superficie interessata verrà irrorata da un aerosol di acqua deionizzata nebulizzata mista ad inerti selezionati come quelli impiegati per il microaeroabrasivo (silice micronizzata; ossidi di alluminio, microsfele di vetro).

Ultrasuoni - Utilizzati generalmente in veicolo acquoso, richiedono una notevole perizia nell'impiego in

quanto possono generare microfratture all'interno del materiale. Da utilizzarsi sempre in maniera puntuale e dietro autorizzazione specifica della Direzione dei Lavori.

Sabbatura - Assolutamente da non impiegarsi su manufatti porosi e degradati, può diventare utile su superfici molto compatte, utilizzando abrasivi sintetici o naturali a pressioni piuttosto basse (500-2000 g/mq). La sabbatura è ottimale per la pulitura a metallo bianco di parti in ferro ossidate (in questo caso le pressioni sono maggiori e gli abrasivi possono anche essere, metallici) e anche per la rimozione di vernici e pitture da parti in legno, sempre e comunque utilizzando abrasivi ben calibrati a pressioni controllate dietro esplicita richiesta della Direzione dei Lavori e sua autorizzazione.

Altri sistemi di pulitura meccanici sono assolutamente da non impiegarsi in quanto possono comportare la distruzione sistematica della superficie del materiale sottoposto a trattamento e quindi inaccettabili dal punto di vista conservativo. Non sono quindi da impiegare: l'idrosabbatura, la sabbatura ad alta pressione, l'uso di spazzole rotanti in ferro, di scalpelli o di dischi e punte abrasive, l'impiego di acqua o vapore ad alta pressione e temperatura.

Sistemi di tipo chimico - Da impiegarsi su superfici ridotte ed in maniera puntuale. Per pulire murature e paramenti da croste, da macchie o da strati sedimentati di particellato, cere, film protettivi.

Si basano sull'applicazione di reagenti che intaccano le sostanze leganti dei depositi; sono per lo più sali (carbonati) di ammonio e di sodio, da applicare con supporti di carta giapponese o compressa di cellulosa, per tempi che variano da pochi secondi a qualche decina di minuti, a seconda del materiale da trattare e dello spessore delle croste. Fra i prodotti più usati l'AB57, utilizzato per i materiali lapidei).

Sistemi di tipo meccanico - Si potranno impiegare utensili di vario tipo quali spazzole di saggina, bisturi, spatole metalliche, microscalpelli, microtrapani, vibroincisori elettrici o ad aria compressa. Questi ultimi saranno da utilizzarsi per rimuovere puntualmente depositi consistenti di materiali di varia natura quali croste nere, depositi calcarei, stucature cementizie, materiali incompatibili con il supporto.

Argille assorbenti - L'argilla sarà diluita con un quantitativo d'acqua sufficiente a renderla pastosa e lavorabile; quindi, si applicherà l'impasto sul manufatto con le mani o con piccole spatole flessibili e si faranno aderire all'impasto dei teli di garza su cui si stenderà del cotone idrofilo bagnato; infine, si coprirà il tutto con teli di nylon aperti in alto al fine di permettere il ciclico inumidimento del cotone. Ogni 2-3 giorni, dovrà si controllare che l'impacco sia sufficientemente umido e in caso contrario bagnarlo e risigillarlo.

Trascorso un congruo numero di giorni, generalmente valutato con prove applicative, si dovranno togliere i teli di nylon per lasciare essiccare l'argilla, che, in seguito, verrà asportata con lavaggi a base d'acqua deionizzata. Se l'argilla non riuscisse a sciogliere le incrostazioni, si provvederà a diluirla con piccole quantità di agenti chimici o sostituire l'acqua d'impasto con sostanze solventi a bassissima concentrazione; il tutto dietro specifica autorizzazione degli organi preposti alla tutela e dopo specifiche analisi di laboratorio.

Inoltre, se previsto dagli elaborati di progetto, si prepareranno gli impacchi aggiungendo all'argilla urea, glicerina o altre sostanze capaci di pulire le croste molto spesse mediante l'azione solvente esercitata dai nitrobatteri. L'impacco sarà mantenuto attivo sulle croste per il tempo ritenuto necessario ad assolvere la sua funzione detergente.

Eliminazione di piante superiori - La eliminazione della vegetazione infestante dovrà avere inizio con una estirpazione frenata, cioè una estirpazione meccanica che assolutamente non alteri i materiali componenti la muratura. Vanno quindi ovviamente scartati i mezzi che a prima vista potrebbero apparire risolutivi (come per esempio il fuoco), ma che potrebbero alterare profondamente il substrato del muro. Tutte le specie arboree ed erbacee dovranno essere estirpate nel periodo invernale, tagliandole a raso con mezzi adatti, a basso spreading di vibrazioni.

In ogni caso si dovranno sempre tenere presenti i seguenti fattori:

- la resistenza allo strappo opposta dalle radici;
- l'impossibilità di raggiungere con mezzi meccanici le radici ed i semi penetrati in profondità, senza recare danni ulteriori alla struttura muraria da salvaguardare;
- le modalità operative che si incontrano nel raggiungere, tutte le parti infestate.

Eliminazione di alghe, muschi e licheni - Muschi, alghe e licheni crescono frequentemente su murature di edifici in aree fortemente umide, in ombra, non soggette a soleggiamento, o, ancora, perchè alimentate da acque da risalita, meteoriche, disperse, da umidità di condensazione.

Nei limiti del possibile quindi, prima di operare qualsiasi intervento a carattere diretto, sarà necessario

eliminare tutte quelle cause riscontrate al contorno generanti le patologie, per evitare che l'operazione di disinfezione perda chiaramente efficacia.

I trattamenti per la rimozione di muschi, licheni, alghe e dei rispettivi apparati radicali possono essere eseguiti con mezzi meccanici controllati oppure irrorando sulle superfici interessate disinfestanti liquidi (da applicare a pennello o con apparecchiatura a spruzzo), in gel o in polvere, ripetendo il trattamento periodicamente. È necessario impiegare prodotti la cui capacità tossica decada rapidamente, in modo da non accumularli nel terreno, facendo attenzione che la loro efficacia sia il più possibile limitata alle specie invasive da eliminare. Questi trattamenti andranno effettuati sempre con la massima cura e la completa sicurezza per gli operatori. Dovranno essere sempre e comunque autorizzati dalle autorità competenti la tutela del bene, dietro specifica autorizzazione e controllo della Direzione dei Lavori.

La pulizia non dovrà mai essere effettuata in maniera generalizzata, ma direttamente sulla parte interessata, puntuale e finalizzata solo dopo avere acquisito tutti gli elementi necessari per la conoscenza sia del materiale da trattare (consistenza fisico - materica, composizione chimica ecc.), sia della natura e specie della flora infestante che del tipo di prodotto da utilizzare.

Pulizia con getti d'acqua a pressione

Risulta particolarmente indicata per le rimozioni di croste anche molto spesse grazie all'azione meccanica della pressione che aumenta la capacità solvente dell'acqua. L'Appaltatore inizierà la pulizia dall'alto impiegando una pressione di 2-4 Atm in modo da sfruttare i percolamenti per riammorbidire le parti sottostanti. La durata dei lavori dipenderà dalla natura e dalla consistenza delle croste. L'Appaltatore dovrà evitare di prolungare questo tipo di trattamento su superfici che si presentano diffusamente fessurate o costituite da materiali porosi.

Sabbature

La sabbatura dovrà essere effettuata solo su superfici sane e compatte mediante macchine che utilizzino sabbie silicee molto sottili. L'Appaltatore non dovrà assolutamente adoperarle su superfici friabili o particolarmente degradate. Su richiesta, l'Appaltatore potrà anche impiegare speciali idro-sabbatrici fornite di serbatoi atti al contenimento della sabbia e dell'acqua ed alla calibratura di solventi chimici adatti ad incrementare l'azione abrasiva.

L'Appaltatore potrà utilizzare un normale compressore ed una pistola a spruzzo collegati ad un recipiente pieno di sabbia fine miscelata con acqua il cui getto sarà attivato dalla depressione presente nell'ugello. L'Appaltatore dovrà limitare la sabbatura alle zone ricoperte da croste particolarmente dure e spesse e solo su esplicita richiesta degli organi preposti alla tutela del bene in oggetto potrà eseguirla sull'intera superficie del manufatto.

Pulizia chimica

L'Appaltatore dovrà impiegare prodotti a base di sostanze attive che sciogliendo o ammorbidendo le incrostazioni ne rendano possibile l'asportazione mediante successiva pulizia con acqua. L'Appaltatore, prima dell'uso, dovrà eseguire delle prove su campioni al fine di conoscerne la reazione e valutare di conseguenza l'opportunità di un loro utilizzo. In ogni caso, prima di metterle in opera, egli avrà l'obbligo di impregnare le superfici con acqua in modo da limitare il loro assorbimento.

L'Appaltatore, applicate le sostanze acide su piccoli settori, le lascerà agire per circa 10 minuti ed in seguito le asporterà mediante ripetuti lavaggi con acqua. Egli, inoltre, dovrà utilizzare le sostanze alcaline atte a sciogliere con rapidità oli e grassi solo su pietre resistenti agli alcali e su manufatti di cemento lasciandole agire non oltre 15 minuti. Infine, l'Appaltatore sarà tenuto ad impiegare gli appositi neutralizzatori che, in seguito, dovrà eliminare mediante lavaggi con acqua.

Biocidi

Sono prodotti da utilizzarsi per la eliminazione di muschi e licheni. La loro applicazione dovrà essere preceduta da una serie di operazioni di tipo meccanico per l'asportazione superficiale utilizzando spatole, pennelli a setole rigide, bisturi, ecc. attrezzi comunque da utilizzarsi con estrema cautela in modo da non esercitare un'azione troppo incisiva sul manufatto. I biocidi da impiegarsi potranno essere specifici su alcune specie, oppure a vasto raggio di azione. Per muschi e licheni si possono utilizzare soluzioni acquose all'1/2% di ipoclorito di litio. Per i licheni soluzioni di sali di ammonio quaternario in acqua all'1/2% o di pentaclorofenolo di sodio all'1%. Per alghe verdi e muffe è possibile irrorare la superficie intaccata con formalina oppure con una soluzione di acqua ossigenata (25%) e ammoniacca. Per alghe e microflora si potrà anche utilizzare un germicida disinfettante come il benzalconio cloruro da utilizzarsi in soluzione acquosa

all'1/2% da applicare a spruzzo. Molti di questi prodotti non esplicano un persistente controllo algale, sarà pertanto utile applicare sulle superfici interessate prodotti algicidi in solvente, in grado di esplicare un'azione preventiva e di controllo della microflora (alghe, licheni, muffe, microfunghi, ecc.) Tutti i biocidi, pur non essendo in linea di massima tossici per l'uomo, saranno comunque da utilizzarsi con molta attenzione e cautela.

Pulitura del Calcestruzzo

È indicato il lavaggio; è necessario sabbiare l'armatura e proteggerla con sostanze antiruggine e sostanze passivanti.

Pulitura degli Intonaci

La pulitura delle superfici intonacate dovrà essere effettuata con spray d'acqua a bassa pressione o acqua nebulizzata accompagnata eventualmente da una leggera spazzolatura. In presenza di croste nere di notevole spessore si potranno utilizzare impacchi biologici o argillosi.

CAPITOLO 3

MODO DI ESECUZIONE DI OGNI CATEGORIA DI LAVORO

3.1. DEMOLIZIONI

3.1.1. STRUTTURE E MANUFATTI

Le demolizioni di strutture e manufatti in muratura di qualsiasi genere e/o cls (armati e non), potranno essere integrali o in porzioni a sezione obbligata, eseguite in qualsiasi dimensione, entro e fuori terra, a qualsiasi altezza.

Verranno impiegati i mezzi previsti dal progetto e/o ritenuti idonei dalla Direzione dei 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 prevedere, a sua cura e spese, ad adottare tutti gli accorgimenti tecnici per puntellare e sbadacchiare 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.

Nel caso di demolizioni parziali potrà essere richiesto il trattamento con il getto di vapore a 373 K ed una pressione di 0,7-0,8 MPa per ottenere superfici di attacco pulite e pronte a ricevere i nuovi getti; i ferri dovranno essere tagliati, sabbiati e risagomati.

Dei materiali di risulta potranno essere reimpiegati quelli ritenuti idonei dalla Direzione dei Lavori fermo restando l'obbligo di allontanarli e di trasportare a discarica quelli rifiutati.

3.1.2. RIMOZIONI

Risultano a completo carico dell'Impresa le rimozioni intese come:

- smontaggio di recinzione costituita da rete metallica e relativi montanti, cancelli metallici e ringhiere disposte lungo l'area espropriata a differenti proprietari;
- smontaggio di sicurvia di qualunque tipo, con montanti infissi in terra o in pavimentazione;
- lo smantellamento degli impianti elettrici e di scarico acque, ecc.,

Nelle rimozioni sopra elencate sono compresi gli oneri, per il carico, il trasporto e lo scarico a deposito nei luoghi indicati dalla Direzione dei Lavori dei materiali riutilizzabili ed a rifiuto di quelli non riutilizzabili.

3.2. OPERE E STRUTTURE DI CALCESTRUZZO

3.2.1. GENERALITA'

Impasti di Calcestruzzo

Gli impasti di calcestruzzo dovranno essere eseguiti in conformità di quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018 e dalle relative norme vigenti.

La distribuzione granulometrica degli inerti, il tipo di cemento e la consistenza dell'impasto, devono essere adeguati alla particolare destinazione del getto ed al procedimento di posa in opera del conglomerato.

Il quantitativo d'acqua deve essere il minimo necessario a consentire una buona lavorabilità del conglomerato tenendo conto anche dell'acqua contenuta negli inerti.

Partendo dagli elementi già fissati il rapporto acqua-cemento, e quindi il dosaggio del cemento, dovrà essere scelto in relazione alla resistenza richiesta per il conglomerato.

L'impiego degli additivi dovrà essere subordinato all'accertamento della assenza di ogni pericolo di aggressività e devono essere conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 934-2.

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

L'impasto deve essere fatto con mezzi idonei ed il dosaggio dei componenti eseguito con modalità atte a

garantire la costanza del proporzionamento previsto in sede di progetto.

Nei calcestruzzi è ammesso l'impiego di aggiunte, in particolare di ceneri volanti, loppe granulate d'altoforno e fumi di silice, purché non ne vengano modificate negativamente le caratteristiche prestazionali.

Le ceneri volanti devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 450-1. Per quanto riguarda l'impiego si potrà fare utile riferimento ai criteri stabiliti dalle norme UNI EN 206 ed UNI 11104.

I fumi di silice devono soddisfare i requisiti della norma europea armonizzata UNI EN 13263-1.

Per i calcestruzzi preconfezionati si fa riferimento alla norma UNI EN 206.

Controlli sul Calcestruzzo

Per i controlli sul calcestruzzo ci si atterrà a quanto previsto dal D.M. 17 gennaio 2018.

Il calcestruzzo viene individuato tramite la resistenza caratteristica a compressione secondo quanto specificato nel suddetto D.M.

Il calcestruzzo deve essere prodotto in regime di controllo di qualità, con lo scopo di garantire che rispetti le prescrizioni definite in sede di progetto.

Il controllo di qualità del calcestruzzo si articola nelle seguenti fasi:

- Valutazione preliminare della resistenza;
- Controllo di produzione
- Controllo di accettazione
- Prove complementari

Le prove di accettazione e le eventuali prove complementari, compresi i carotaggi, sono eseguite e certificate dai laboratori di cui all'art. 59 del d.P.R. n. 380/2001.

Il costruttore resta comunque responsabile della qualità del calcestruzzo posto in opera, che sarà controllata dal Direttore dei Lavori, secondo le procedure di cui al punto 11.2.5 del D.M. 17 gennaio 2018.

Resistenza al Fuoco

Le verifiche di resistenza al fuoco potranno eseguirsi con riferimento a UNI EN 1992-1-2.

3.2.2. NORME PER IL CEMENTO ARMATO NORMALE

Nella esecuzione delle opere di cemento armato normale l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto contenuto nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i., nelle norme tecniche del D.M. 17 gennaio 2018 e nella relativa normativa vigente.

Armatura delle travi

Negli appoggi di estremità all'intradosso deve essere disposta un'armatura efficacemente ancorata, calcolata coerentemente con il modello a traliccio adottato per il taglio e quindi applicando la regola della traslazione della risultante delle trazioni dovute al momento flettente, in funzione dell'angolo di inclinazione assunto per le bielle compresse di calcestruzzo.

Le travi devono prevedere armatura trasversale costituita da staffe con sezione complessiva non inferiore ad $A_{st} = 1,5 b \text{ mm}^2/\text{m}$ essendo b lo spessore minimo dell'anima in millimetri, con un minimo di tre staffe al metro e comunque passo non superiore a 0,8 volte l'altezza utile della sezione.

In ogni caso, almeno il 50% dell'armatura necessaria per il taglio deve essere costituita da staffe.

Armatura dei pilastri

Nel caso di elementi sottoposti a prevalente sforzo normale, le barre parallele all'asse devono avere diametro maggiore od uguale a 12 mm e non potranno avere interassi maggiori di 300 mm.

Le armature trasversali devono essere poste ad interasse non maggiore di 12 volte il diametro minimo delle barre impiegate per l'armatura longitudinale, con un massimo di 250 mm. Il diametro delle staffe non deve essere minore di 6 mm e di $\frac{1}{4}$ del diametro massimo delle barre longitudinali.

Copriferro e interferro

L'armatura resistente deve essere protetta da un adeguato ricoprimento di calcestruzzo.

Al fine della protezione delle armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo

(copriferro) deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e della sensibilità delle armature alla corrosione, tenendo anche conto delle tolleranze di posa delle armature.

Per consentire un omogeneo getto del calcestruzzo, il copriferro e l'interferro delle armature devono essere rapportati alla dimensione massima degli inerti impiegati.

Il copriferro e l'interferro delle armature devono essere dimensionati anche con riferimento al necessario sviluppo delle tensioni di aderenza con il calcestruzzo.

Ancoraggio delle barre e loro giunzioni

Le armature longitudinali devono essere interrotte ovvero sovrapposte preferibilmente nelle zone compresse o di minore sollecitazione.

La continuità fra le barre può effettuarsi mediante:

- sovrapposizione, calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra. In ogni caso la lunghezza di sovrapposizione nel tratto rettilineo deve essere non minore di 20 volte il diametro della barra. La distanza mutua (interferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro;
- saldature, eseguite in conformità alle norme in vigore sulle saldature. Devono essere accertate la saldabilità degli acciai che vengono impiegati, nonché la compatibilità fra metallo e metallo di apporto nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo;
- giunzioni meccaniche per barre di armatura. Tali giunzioni sono qualificate secondo quanto indicato al punto 11.3.2.9 del D.M. 17 gennaio 2018.

Per barre di diametro $\varnothing > 32$ mm occorrerà adottare particolari cautele negli ancoraggi e nelle sovrapposizioni.

Nell'assemblaggio o unione di due barre o elementi di armatura di acciaio per calcestruzzo armato possono essere usate giunzioni meccaniche mediante manicotti che garantiscano la continuità. Le giunzioni meccaniche possono essere progettate con riferimento a normative o documenti di comprovata validità.

Tutti i progetti devono contenere la descrizione delle specifiche di esecuzione in funzione della particolarità dell'opera, del clima, della tecnologia costruttiva.

In particolare il documento progettuale deve contenere la descrizione dettagliata delle cautele da adottare per gli impasti, per la maturazione dei getti, per il disarmo e per la messa in opera degli elementi strutturali. Analoga attenzione dovrà essere posta nella progettazione delle armature per quanto riguarda: la definizione delle posizioni, le tolleranze di esecuzione e le modalità di piegatura. Si potrà a tal fine fare utile riferimento alla norma UNI EN 13670 "Esecuzione di strutture di calcestruzzo".

Giunti di discontinuità ed opere accessorie conglomerato cementizio

E' tassativamente prescritto che nelle strutture da eseguire con getto di conglomerato cementizio vengano realizzati giunti di discontinuità sia in elevazione che in fondazione onde evitare irregolari ed imprevedibili fessurazioni delle strutture stesse per effetto di escursione termiche, di fenomeni di ritiro e di eventuali assestamenti. Tali giunti vanno praticati ad intervalli ed in posizioni opportunamente scelte tenendo anche conto delle particolarità della struttura (gradonatura della fondazione, ripresa fra vecchie e nuove strutture, attacco dei muri).

I giunti saranno ottenuti ponendo in opera, con un certo anticipo rispetto al getto, appositi setti di materiale idoneo, da lasciare in posto, in modo da realizzare superfici di discontinuità (piane, a battente, a maschio e femmina, ecc.) affioranti in faccia vista secondo le linee rette continue o spezzate.

La larghezza e la conformazione dei giunti saranno stabilite dalla Direzione Lavori.

I giunti, come sopra illustrati, dovranno essere realizzati a cura e spese dell'Impresa, essendosi tenuto debito conto di tale onere nella formulazione dei prezzi di elenco relativi alle singole classi di conglomerato.

Solo nel caso in cui è previsto in progetto che il giunto sia munito di apposito manufatto di tenuta o di copertura, l'elenco prezzi, allegato al presente Capitolato, prevederà espressamente le voci relative alla speciale conformazione del giunto, unitamente alla fornitura e posa in opera dei manufatti predetti con le specificazioni di tutti i particolari oneri che saranno prescritti per il perfetto definitivo assetto del giunto.

I manufatti, di tenuta o di copertura dei giunti, possono essere costituiti da elastomeri a struttura etilenica (stirolo butadiene), a struttura paraffinica (butile), a struttura complessa (silicone poliuretano, poliossipropilene, poliosicloropilene), da elastomeri etilenici cosiddetti protetti (neoprene) o da cloruro di polivinile. Sono inoltre ammessi i cordoli bentonitici.

In luogo dei manufatti predetti, può essere previsto l'impiego di sigillanti.

I sigillanti possono essere costituiti da sostanze oleoresinose, bituminose siliconiche a base di elastomeri polimerizzabili o polisolfuri che dovranno assicurare la tenuta all'acqua, l'elasticità sotto le deformazioni previste, una aderenza perfetta alle pareti, ottenuta anche a mezzo di idonei primers, non colabili sotto le più alte temperature previste e non rigidi sotto le più basse, mantenendo il più a lungo possibile nel tempo le caratteristiche di cui sopra dopo la messa in opera.

È tassativamente proibita l'esecuzione dei giunti obliqui formanti angolo diedro acuto (muro andatore, spalla ponte obliquo, ecc.). In tali casi occorre sempre modificare l'angolo diedro acuto in modo tale da formare con le superfici esterne delle opere da giuntare angoli diedri non inferiori ad un angolo retto con facce piane di conveniente larghezza in relazione al diametro massimo degli inerti impiegati nel confezionamento del conglomerato cementizio di ogni singola opera.

Nell'esecuzione di manufatti contro terra si dovrà prevedere in numero sufficiente ed in posizione opportuna l'esecuzione di appositi fori per l'evacuazione delle acque di infiltrazione.

I fori dovranno essere ottenuti mediante preventiva posa in opera nella massa del conglomerato cementizio di tubi a sezione circolare o di profilati di altre sezioni di PVC o simili.

Per la formazione di fori l'Impresa avrà diritto al compenso previsto nella apposita voce di Elenco Prezzi, comprensiva di tutti gli oneri e forniture per dare il lavoro finito a perfetta regola d'arte.

Predisposizione di fori, tracce, cavità ecc.

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, ecc. nelle solette, nervature, pilastri, murature, ecc., per sedi di cavi, per attacchi di parapetti, mensole, segnalazioni, parti di impianti, eventuali fornelli, da mina, 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 facimenti, le demolizioni e le ricostruzioni di opere di spettanza dell'Impresa stessa, sia per quanto riguarda le eventuali opere di adattamento di infissi o impianti, i ritardi, le forniture aggiuntive di materiali e la maggiore mano d'opera occorrente da parte dei fornitori.

3.2.3. RISANAMENTO ANTICORROSIVO DEL CALCESTRUZZO ARMATO DEGRADATO

La corrosione delle armature del cemento armato è una delle principali cause del degrado dei manufatti in calcestruzzo. Il trattamento di rialcalinizzazione ed il relativo ripristino deve essere eseguito con particolare cura e nel pieno rispetto delle istruzioni previste per l'impiego dei materiali.

Analisi del fenomeno

Prima di procedere al recupero è necessario conoscere a fondo le cause del degrado, mediante un'accurata analisi che non può essere solo superficiale.

Ripristini localizzati, limitati e superficiali di strutture in calcestruzzo degradate non interrompono il processo di degrado ma in alcuni casi lo possono acuire. L'obiettivo del risanamento è innanzitutto: impedire l'avanzamento della corrosione, ripristinare l'ambiente basico passivante per i ferri d'armatura, eliminare crepe e porosità superficiali, impedire la penetrazione dell'acqua nel conglomerato, creare una barriera alla carbonatazione ed infine restituire alla superficie la perfezione estetica.

L'analisi del degrado viene eseguita individuando la profondità della carbonatazione, il grado di solfatazione, lo spessore del copriferro, fessurazioni e cavità alveolari nascoste. Lo spessore del copriferro può essere valutato mediante scalpellatura, dove non sia già in evidenza a causa di distacchi per fenomeni di *spalling*. Utilizzando una soluzione di fenoftaleina all'1% in etanolo (indicatore acido-base) può essere individuata la profondità della carbonatazione grazie al viraggio dall'incolore al viola dovuto al passaggio da valori di pH 8,5 - 9 (cls carbonatato) a valori superiori.

Ripulitura e preparazione dei ferri

Con l'utilizzo di un demolitore e/o di una martellina manuale bisognerà scoprire tutti i ferri presenti sulla

zona da trattare in modo da rimuovere il calcestruzzo deteriorato e asportare tutte le parti incoerenti e in fase di distacco. Andranno rimosse anche tracce di olii, disarmante, ruggine e sporco in genere.

Si procederà quindi alla preparazione delle armature con la ripulitura dalla ruggine con la tecnica della sabbiatura (se disponibile) ovvero con una spazzolatura energica della superficie dei ferri allo scopo di portare le armature allo stato di metallo bianco.

Si avrà cura di eliminare quegli elementi che in futuro possano costituire punti di penetrazione per acqua ed aria nella matrice cementizia.

Trattamento di ripristino

Il trattamento di ripristino si realizzerà in modo rispondente ai principi definiti nella UNI EN 1504-7 e UNI EN 1504-9 con i materiali riportati nel capitolo *Qualità dei Materiali e dei Componenti*.

La Direzione lavori verificherà il materiale presentato dall'impresa controllando scheda tecnica e modalità operative. Il sistema di trattamento dovrà essere interamente della stessa marca.

Il successivo trattamento passivante andrà eseguito immediatamente dopo la pulizia dei ferri a metallo bianco per evitare una nuova ossidazione dovuta a piogge o umidità ambientale.

Il risanamento del calcestruzzo dovrà essere realizzato con impiego esclusivo di malta strutturale premiscelata a stabilità volumica o a ritiro compensato, tissotropica, antiritiro, fibrorinforzata, ad elevata adesione al supporto, con totale inerzia all'aggressione acida e agli elettroliti. Il prodotto deve rispondere ai requisiti minimi richiesti dalla UNI EN 1504-3 per le malte strutturali di classe R4.

La posa in opera dovrà essere realizzata con personale specializzato e idoneo all'impiego delle tecnologie adottate per lo specifico lavoro. La malta dovrà essere quindi applicata a spruzzo (con macchina intonacatrice) o a cazzuola e finita a frattazzo per la complanatura finale e l'ottenimento di una superficie finale liscia e priva di microcavallature.

La malta utilizzata dovrà essere comprovata da idonea certificazione rilasciata da laboratori ufficiali.

La tipologia di malta impiegata dovrà possedere i requisiti principali di seguito riportati:

- alta aderenza al supporto di calcestruzzo;
- alta aderenza all'acciaio costituente l'armatura del calcestruzzo;
- assenza di ritiro (stabilità volumetrica o ritiro compensato) ottenuta mediante una espansione esplicita nella fase di primo indurimento;
- elevata tissotropia;
- facilità di preparazione del prodotto pronto all'uso;
- elevato modulo elastico a compressione (non inferiore a 26.000 MPa);
- elevata resistenza meccanica a compressione a 28 giorni di stagionatura (non inferiore a 60 MPa);
- elevata resistenza meccanica a flessione a 28 giorni di stagionatura (non inferiore a 9 MPa);
- elevata resistenza all'umidità;
- elevata resistenza ai solfati;
- presenza di cloruri al suo interno non superiori al 0,1%.

Le temperature durante la fase di applicazione della malta dovranno essere ottimali, ovvero tra i +15° C e + 35° C e comunque non inferiori a + 5° C.

Applicazioni possibili:

- negli interventi di recupero, consolidamento e ripristino di opere in conglomerato cementizio armato;
- nei casi di lunghe sospensioni per la ripresa del getto, sui ferri di armatura di attesa di parti strutturali in conglomerato cementizio armato.

CALCESTRUZZO FIBRORINFORZATO (FRC)

Il calcestruzzo fibrorinforzato (FRC) è caratterizzato dalla presenza di fibre discontinue nella matrice cementizia; tali fibre possono essere realizzate in acciaio o materiale polimerico, e devono essere marcate CE in accordo alle norme europee armonizzate, quali la UNI EN 14889-1 ed UNI EN 14889-2. In aggiunta la confezione delle fibre deve riportare anche il lotto di produzione.

Parametri da riportare sulla confezione delle fibre.

Fibre di acciaio	Fibre polimeriche
Lunghezza [mm]	Polimero
Diametro equivalente [mm]	Lunghezza [mm]
Rapporto d'aspetto	Diametro equivalente [mm]
Forma	Rapporto d'aspetto
Resistenza a trazione* [MPa]	Forma
Modulo elastico* [GPa]	Resistenza a trazione* [MPa]
Allungamento a rottura* [%]	Modulo elastico* [GPa]
Densità [kg/m ³]	Allungamento a rottura* [%]
	Massa volumica lineare [tex]
	Temperatura di transizione vetrosa e di fusione**

(*) I seguenti parametri non vengono determinati necessariamente sulla fibra, ma in accordo con le UNI EN 14889.

(**) Nella UNI EN 14889-2 tale misura è indicata con tenacità.

La miscela del calcestruzzo fibrorinforzato deve essere sottoposta a valutazione preliminare secondo le indicazioni riportate nel punto § 11.2.3 del D.M. 17 gennaio 2018 con determinazione dei valori di resistenza a trazione residua f_{R1k} per lo Stato limite di esercizio e f_{R3k} per lo Stato limite Ultimo determinati secondo UNI EN 14651. Le proprietà nominali del FRC indurito devono essere determinate su provini normalizzati, realizzati e maturati in condizioni controllate, mediante prove standard di laboratorio, come previsto dalla citata norma UNI.

Le prestazioni ed i principali vantaggi derivanti dall'utilizzo del calcestruzzo FRC sono sia costruttivi che strutturali.

L'aggiunta delle fibre conferisce al calcestruzzo, dopo la fessurazione, una significativa resistenza residua a trazione (tenacità). Quest'ultima dipende anche dal rapporto di aspetto (ovvero il rapporto lunghezza/diametro equivalente delle fibre), la percentuale volumetrica delle fibre, le caratteristiche fisico-meccaniche di queste ultime. Le fibre dovranno quindi offrire una migliore duttilità del conglomerato nella fase successiva all'innesco del fenomeno fessurativo. Pertanto dovranno avere l'effetto di ridurre la fragilità della matrice cementizia: il miglioramento del comportamento fessurativo quindi, comporterà un aumento della durabilità dell'opera.

Le prestazioni richieste a un calcestruzzo FRC sono le seguenti:

- classe di resistenza a compressione;
- classe di consistenza;
- classe di esposizione;
- limite di proporzionalità (tensione corrispondente);
- classe di tenacità, ovvero resistenza opposta dal materiale all'avanzamento del processo di frattura.

E' inoltre necessario definire le seguenti proprietà:

- dimensione massima dell'aggregato;
- caratteristiche geometriche della fibra;
- materiale utilizzato per la fibra.

Ulteriori prestazioni del calcestruzzo fibrorinforzato rispetto a quello convenzionale dovranno essere:

- maggiore resistenza alla fatica
- maggiore resistenza agli urti
- maggiore resistenza allo stress termico
- maggiore resistenza all'abrasione.

In linea generale i calcestruzzi FRC saranno confezionati con l'uso delle seguenti fibre rinforzanti:

- fibre di acciaio
- fibre di vetro e fibre di natura organica

Le fibre di acciaio, sono disponibili in forma di aghi di diversa conformazione geometrica: a sezione circolare o rettangolare, ad estremità piegate, dentate, ecc. con diametro equivalente compreso fra 0.4 e

1.2 mm e lunghezza variabile tra 25 e 80 mm. Esse, a seconda delle prestazioni da conseguire, verranno aggiunte in misura variabile secondo le prescrizioni della Direzione Lavori (es. da 25 fino a 150 kg/m³ di calcestruzzo).

Le principali applicazioni dei calcestruzzi rinforzati con fibre di acciaio riguardano:

- pannelli portanti di facciata;
- la realizzazione di pavimentazioni industriali in calcestruzzo dove le fibre vengono convenientemente impiegate in sostituzione della tradizionale armatura in forma di rete elettrosaldata;
- la realizzazione di conci prefabbricati per i rivestimenti definitivi delle gallerie;
- giunti o nodi strutturali, per il vantaggio offerto di ridurre le usuali elevate percentuali di armatura ivi presenti;
- elementi di copertura, per la possibilità di realizzare spessori sottili privi della consueta armatura disposta sul piano medio;
- strutture destinate ad assorbire urti e/o per resistere alla fatica, come collettori o tubazioni per elevate pressioni, traversine ferroviarie, pali ad alta resistenza, ecc.;
- travi precomprese prefabbricate, allo scopo di assorbire le tensioni di trazione in assenza di armature concentrate.

Le fibre di vetro e quelle di natura organica (prevalentemente poliacrilonitrile, poliestere e polipropilene) attualmente impiegate si distinguono in:

- fibre non metalliche strutturali, di lunghezza variabile tra 20 e 60 mm e diametro equivalente di 0.8-1.3 mm. Esse, a seconda delle prestazioni da conseguire, verranno aggiunte in misura variabile secondo le prescrizioni della Direzione Lavori (es. da 2.5 fino a 6.0 kg/m³ di calcestruzzo) per la produzione di conglomerati destinati alle stesse applicazioni di quelli prodotti con le fibre di acciaio;
- fibre non metalliche non strutturali, di lunghezza variabile da 10 a 30 mm e diametro di 0.01-0.02 mm aggiunte in misura di 0.8-1.2 kg/m³ per la realizzazione di calcestruzzi destinati prevalentemente a solette e pavimenti di piccolo spessore per attenuare il rischio fessurativo derivante dal ritiro plastico del conglomerato.

- materiale polimerico: in questo caso il calcestruzzo fibrorinforzato viene definito SNFRC (Synthetic Fiber Reinforced Concrete). Tali fibre hanno una bassa resistenza al fuoco, ai raggi ultravioletti e all'ossigeno. Si suddividono in:

- a basso modulo elastico: non accrescono la resistenza a trazione del materiale però migliorano la tenacità e sono utili a contrastare il fenomeno fessurativo della matrice cementizia. Tra le più utilizzate ci sono:

- le fibre polipropileniche non strutturali;
- le fibre polietileniche;
- le fibre di poliestere;
- le fibre di nylon.

- ad alto modulo elastico: rispetto alle precedenti garantiscono anche un aumento della resistenza a trazione del calcestruzzo. Tra le più utilizzate ci sono:

- le fibre polipropileniche strutturali;
- le fibre di PVA (polivinilalcol)
- le fibre di carbonio
- le fibre acriliche (le fibre poliacrilonitriliche)
- le fibre aramidiche

- materiali naturali: in questo caso si parla di NFRC (Natural Fiber Reinforced Concrete).

Le fibre possono avere diverse forme, oltre a quella semplicemente rettilinea, infatti esistono fibre ondulate, uncinata, nervate, ad estremità schiacciate, ecc. Commercialmente le fibre si presentano sotto forma di monofilamento (ogni fibra si presenta separata dalle altre) e bundles (le fibre si presentano in gruppi. Le fibre bundles dette placchettate, durante la miscelazione con la matrice cementizia si separano tra di loro e diventano monofilamenti).

Le fibre inoltre si distinguono in base alle loro dimensioni in:

- microfibre: sono idonee a contrastare le piccole fessure come quelle che si formano a seguito dell'azione del ritiro plastico;
- macrofibre: sono idonee a contrastare le fessure dovute ai carichi esterni e al ritiro igrometrico. Alcune macrofibre possono aumentare la resistenza a trazione e la tenacità del calcestruzzo.

La lunghezza delle fibre deve essere compatibile con il copriferro e l'interferro ed essere proporzionata alla dimensione massima dell'aggregato. E' consigliata una lunghezza della fibra non inferiore al doppio della dimensione massima dell'aggregato. In presenza di un rinforzo ibrido (costituito da fibre di diversa tipologia e lunghezza) l'annotazione precedente è da riferirsi alla fibra di maggior lunghezza.

Le norme CNR-DT 204/2006 "Istruzioni per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo di strutture di calcestruzzo fibrorinforzato", indicano che il dosaggio minimo di fibre per impieghi strutturali non deve essere inferiore allo 0,3% in volume.

Tutte le fibre devono presentare una distribuzione omogenea all'interno dell'impasto. Il raggiungimento di tale condizione può essere ostacolato dalla formazione di accumuli, comunemente indicati con i termini di "grumi", "ciuffi" o "grovigli". In particolare, la loro presenza, seppur limitata, può provocare occlusioni tali da rendere difficoltose le operazioni di pompaggio.

Se necessario e autorizzato dalla Direzione lavori, per garantire al calcestruzzo un'adeguata lavorabilità si potrà aumentare la frazione fine e/o ridurre il diametro massimo dell'aggregato e aggiungere all'impasto additivi fluidificanti.

Controlli di accettazione in cantiere

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che ciascuna miscela omogenea sia coperta da CVT in corso di validità, di cui una copia deve essere presente in cantiere.

Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'esecutore dei lavori deve inoltre assicurare la conservazione di tutta la documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento ed alle eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei Lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico.

I controlli di accettazione in cantiere:

- sono obbligatori e devono essere eseguiti a cura e sotto la responsabilità del Direttore dei Lavori;
- devono essere effettuati contestualmente alla messa in opera del FRC;
- devono essere eseguiti su provini prelevati in cantiere.

In aggiunta alle prove di accettazione richieste per la verifica di lavorabilità e di resistenza alla compressione, previste per il calcestruzzo senza fibre, per ogni miscela omogenea è obbligatorio fare almeno un prelievo di due campioni ogni 100 m³ di getto, da sottoporre a prova di flessione secondo la UNI EN 14651.

Il Direttore dei Lavori deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati al Laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati.

Le prove e i controlli necessari sul calcestruzzo FRC sono disposti dalle "Linee Guida per l'identificazione, la qualificazione, la certificazione di valutazione tecnica ed il controllo di accettazione dei calcestruzzi fibrorinforzati FRC (Fiber Reinforced Concrete)".

CONSOLIDAMENTO A FLESSIONE E/O TAGLIO DI TRAVI IN CALCESTRUZZO ARMATO MEDIANTE FRP - NASTRI IN FIBRA DI CARBONIO

Il presente articolo disciplina le modalità di fornitura e posa in opera di sistemi di rinforzo strutturale con nastri unidirezionali in fibra di carbonio ad alta resistenza e alto modulo elastico, impregnati con resine epossidiche bicomponenti ad alte prestazioni, destinati al consolidamento statico e sismico di travi in calcestruzzo armato. L'intervento è finalizzato al miglioramento della resistenza a flessione e/o taglio delle travi, mediante applicazione esterna di materiali compositi fibrorinforzati (FRP) secondo la direzione principale delle sollecitazioni, al fine di aumentare la capacità portante, la duttilità e la sicurezza globale dell'elemento strutturale.

L'esecuzione dovrà avvenire nel rispetto delle:

- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018);
- Circolare esplicativa n. 7 del 21/01/2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;
- Istruzioni CNR DT 200/2004;
- Manuali tecnici del produttore del sistema adottato.

I materiali utilizzati per tali rinforzi sono Nastri in fibra e resine epossidiche, se ne riportano in seguito le caratteristiche.

I nastri devono essere costituiti da fibre di carbonio ad alta resistenza ed elevato modulo elastico, con tessuto unidirezionale (UD), da applicare in direzione longitudinale alla trave per interventi a flessione, e trasversalmente (a U o completa) per interventi a taglio.

Caratteristiche meccaniche minime richieste:

- Resistenza a trazione $\geq 3400 \text{ N/mm}^2$ (MPa)
- Modulo elastico $\geq 230 \text{ GPa}$
- Allungamento a rottura $\geq 1,5 \%$
- Densità $\leq 1,8 \text{ g/cm}^3$
- Tipo di fibra: carbonio ad alta resistenza e alto modulo
- Tessitura: unidirezionale (UD)
- Spessore nominale: $0,13 \div 0,17 \text{ mm}$ per strato.

I nastri dovranno essere certificati CE ai sensi della ETAG 014 o EAD 330499-00-0602 e omologati per impiego strutturale. Esempi di prodotti conformi: Mapei Mapewrap C UNI-AX, SikaWrap 230 C, MasterEmaco FRP C200 o equivalenti di comprovata qualità e prestazioni.

Le resine epossidiche bicomponenti per impregnazione e adesione dovranno:

- garantire adesione al calcestruzzo $\geq 3,0 \text{ MPa}$;
- essere compatibili con le fibre di carbonio;
- possedere viscosità idonea all'impregnazione manuale e alla saturazione del tessuto;
- avere modulo elastico $\geq 2000 \text{ MPa}$;
- essere resistenti ad agenti atmosferici, cicli termici e ambienti alcalini.

Resine e fibre dovranno appartenere al medesimo sistema certificato e omologato dal produttore.

In merito alla preparazione dei supporti, le superfici inferiori e laterali delle travi da rinforzare dovranno essere:

- pulite, asciutte e coerenti, prive di polveri, oli, residui di pitture o efflorescenze;
- sabbiare o levigate fino a ottenere una superficie ruvida e sana;
- ripristinate nei punti degradati mediante malte epossidiche o cementizie strutturali;
- primerizzate con resina epossidica specifica del sistema scelto.

L'applicazione è consentita solo su supporti con umidità residua $< 4 \%$, resistenza a trazione superficiale $\geq 1,5 \text{ MPa}$ e temperatura ambiente $> +10 \text{ }^\circ\text{C}$.

La posa dovrà essere eseguita da personale formato e certificato dal produttore del sistema, seguendo scrupolosamente le indicazioni progettuali e le procedure operative del manuale tecnico.

Procedura di applicazione:

- Applicazione della resina primer sul calcestruzzo preparato.
- Stesura della resina di impregnazione in modo uniforme.
- Posa del nastro in fibra di carbonio lungo la direzione di massimo momento flettente (parte inferiore della trave), seguendo il verso unidirezionale delle fibre.
- Rullatura manuale con rullo di plastica antiaderente per favorire la completa impregnazione e l'eliminazione di bolle d'aria.
- In caso di rinforzo a taglio, posa dei nastri sulle anime laterali o ad U con sviluppo fino alle zone compresse, secondo le indicazioni di progetto.
- Sovrapposizioni longitudinali tra strisce adiacenti $\geq 50 \text{ mm}$ o secondo quanto previsto dal produttore.
- Applicazione di ulteriori strati ove richiesto, con rullatura intermedia.
- Protezione superficiale finale con rivestimento epossidico o poliuretanico anti-UV, ove previsto.

Durante l'applicazione la temperatura dovrà essere compresa tra $+10 \text{ }^\circ\text{C}$ e $+35 \text{ }^\circ\text{C}$ e l'umidità relativa $< 80\%$.

Controlli e collaudo

Il Direttore dei Lavori, in fase di accettazione, deve verificare che ciascun componente del sistema di rinforzo tramite nastri in fibra e resina epossidica sia coperto da CVT in corso di validità, di cui una copia deve essere presente in cantiere.

Ai fini della rintracciabilità dei prodotti, l'esecutore dei lavori deve inoltre assicurare la conservazione di tutta la documentazione, unitamente a marchiature o etichette di riconoscimento ed alle eventuali annotazioni trasmesse dal Direttore dei Lavori, fino al completamento delle operazioni di collaudo statico. Nello specifico, durante e dopo la posa dovranno essere eseguiti:

- Verifica visiva della continuità del rinforzo e assenza di distacchi, bolle o pieghe;
- Controllo della corretta impregnazione e dell'allineamento delle fibre;
- Prove di adesione pull-off su campioni rappresentativi: valore minimo $\geq 2,0$ MPa, con rottura nel supporto;
- Registrazione di temperatura, umidità e condizioni ambientali durante la posa;
- Documentazione fotografica delle fasi di applicazione.

A fine lavori dovranno essere consegnati:

- Schede tecniche e di sicurezza dei materiali;
- Certificazioni CE ed ETA del sistema completo;
- Dichiarazione di corretta posa da parte dell'impresa esecutrice e del produttore

3.3. SOLAI IN CALCESTRUZZO ARMATO

Gli impalcati in c.a. sono in genere distinti fra impalcati gettati in opera e impalcati realizzati con elementi prefabbricati, e ciò è valido sia per le strutture principali, sia per quelle secondarie.

Potranno essere realizzati sia solai eseguiti in opera, sia formati dall'associazione di elementi prefabbricati.

I solai di calcestruzzo armato o misti potranno essere distinti come di seguito:

- 1) Solai in getto pieno
 - solaio a soletta piena;
 - solaio nervato;
 - solaio a fungo;
- 2) Solai alleggeriti
 - solaio con getto in opera
 - solai con travetti prefabbricati
 - solai in lastre prefabbricate
 - solai in blocchi di materiale espanso
 - solai in pannelli prefabbricati
- 3) Solai ad elementi prefabbricati in c.a.p. (calcestruzzo armato precompresso)
 - travi
 - elementi a sezione sottile

Per i solai del tipo 1) valgono integralmente le prescrizioni dell'articolo "Opere e Strutture di Calcestruzzo".

I solai del tipo 2) e 3) sono soggetti anche alle norme complementari riportate nei successivi punti.

Si precisa che per tutti i solai oggetto di questo paragrafo valgono le prescrizioni già fornite per le opere in calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso, ed in particolare valgono le prescrizioni contenute nel D.M. 17 gennaio 2018.

In riferimento alla resistenza al fuoco i solai, come le coperture, rispondono alla norma **UNI EN 1365-2**.

3.3.1. SOLAI IN GETTO PIANO

I solai in getto pieno, costituiti unicamente da calcestruzzo armato, potranno essere realizzati con casseri in opera o riutilizzabili come ad esempio:

- solaio a soletta piena, in cui devono essere impiegate una cassetta in opera o industrializzata per conformare un solaio-piastra in c.a.;
- solaio di tipo nervato bidirezionato, in cui deve essere messo in opera un sistema misto in c.a. e laterizio, o altro materiale, con nervature ordinate nelle due direzioni ortogonali con interasse variabile;
- solaio a fungo da realizzare come piastre o solai nervati appoggiati per punti con un collegamento diretto fra pilastro e soletta senza la presenza di travi.

3.4 STRUTTURE IN ACCIAIO

3.4.1. GENERALITA'

Le strutture di acciaio dovranno essere progettate e costruite tenendo conto di quanto disposto dal d.P.R. 380/2001 e s.m.i., dal D.M. 17 gennaio 2018, dalle circolari e relative norme vigenti.

I materiali e i prodotti devono rispondere ai requisiti indicati nel punto 11.3. del D.M. 17 gennaio 2018.

L'Appaltatore sarà tenuto a presentare in tempo utile, prima dell'approvvigionamento dei materiali, all'esame ed all'approvazione della Direzione dei Lavori:

- a) gli elaborati progettuali esecutivi di cantiere, comprensivi dei disegni esecutivi di officina, sui quali dovranno essere riportate anche le distinte da cui risultino: numero, qualità, dimensioni, grado di finitura e peso teorici di ciascun elemento costituente la struttura, nonché la qualità degli acciai da impiegare;
- b) tutte le indicazioni necessarie alla corretta impostazione delle strutture metalliche sulle opere di fondazione.

I suddetti elaborati dovranno essere redatti a cura e spese dell'Appaltatore.

Requisiti per la Progettazione e l'Esecuzione

Spessori limite

È vietato l'uso di profilati con spessore $t < 4$ mm.

Una deroga a tale norma, fino ad uno spessore $t = 3$ mm, è consentita per opere sicuramente protette contro la corrosione, quali per esempio tubi chiusi alle estremità e profili zincati, od opere non esposte agli agenti atmosferici. Le limitazioni di cui sopra non riguardano elementi e profili sagomati a freddo.

Acciaio incrudito

Deve essere giustificato mediante specifica valutazione l'impiego di acciaio incrudito in ogni caso in cui si preveda la plasticizzazione del materiale (analisi plastica, azioni sismiche o eccezionali, ecc.) o prevalgano i fenomeni di fatica.

Giunti di tipo misto

In uno stesso giunto è vietato l'impiego di differenti metodi di collegamento di forza (ad esempio saldatura e bullonatura), a meno che uno solo di essi sia in grado di sopportare l'intero sforzo, ovvero sia dimostrato, per via sperimentale o teorica, che la disposizione costruttiva è esente dal pericolo di collasso prematuro a catena.

Problematiche specifiche

Oltre alle norme del D.M. 17 gennaio 2018, in relazione a:

- Preparazione del materiale,
 - Tolleranze degli elementi strutturali di fabbricazione e di montaggio,
 - Impiego dei ferri piatti,
 - Variazioni di sezione,
 - Intersezioni,
 - Collegamenti a taglio con bulloni normali e chiodi,
 - Tolleranze foro – bullone. Interassi dei bulloni e dei chiodi. Distanze dai margini,
 - Collegamenti ad attrito con bulloni ad alta resistenza,
 - Collegamenti saldati,
 - Collegamenti per contatto,
- si può far riferimento a normative di comprovata validità.

Apparecchi di appoggio

La concezione strutturale deve prevedere facilità di sostituzione degli apparecchi di appoggio, nel caso in cui questi abbiano vita nominale più breve di quella della costruzione alla quale sono connessi.

Controlli in Corso di Lavorazione

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

Identificazione e Rintracciabilità dei Prodotti Qualificati

Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi da quelli di prodotti aventi differenti caratteristiche, ma fabbricati nello stesso stabilimento e con identificativi differenti da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso produttore. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

La mancata marchiatura, la non corrispondenza a quanto depositato o la sua illeggibilità, anche parziale, rendono il prodotto non impiegabile.

Qualora, sia presso gli utilizzatori, sia presso i commercianti, l'unità marchiata (pezzo singolo o fascio) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità sia degli utilizzatori sia dei commercianti documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale.

Nel primo caso i campioni destinati al laboratorio incaricato delle prove di cantiere devono essere accompagnati dalla sopraindicata documentazione e da una dichiarazione di provenienza rilasciata dalla Direzione dei Lavori, quale risulta dai documenti di accompagnamento del materiale.

L'Appaltatore dovrà essere in grado di individuare e documentare in ogni momento la provenienza dei materiali impiegati nelle lavorazioni e di risalire ai corrispondenti certificati di qualificazione, dei quali dovrà esibire la copia a richiesta della Direzione dei Lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata comunque la facoltà di eseguire in ogni momento della lavorazione tutti i controlli che riterrà opportuni per accertare che i materiali impiegati siano quelli certificati, che le strutture siano conformi ai disegni di progetto e che le stesse siano eseguite a perfetta regola d'arte.

Ogni volta che le strutture metalliche lavorate si rendono pronte per il collaudo l'Appaltatore informerà la Direzione dei Lavori, la quale darà risposta entro 8 giorni fissando la data del collaudo in contraddittorio, oppure autorizzando la spedizione delle strutture stesse in cantiere.

Montaggio

Il montaggio in opera di tutte le strutture costituenti ciascun manufatto sarà effettuato in conformità a quanto, a tale riguardo, è previsto nella relazione di calcolo.

Durante il carico, il trasporto, lo scarico, il deposito ed il montaggio, si dovrà porre la massima cura per evitare che le strutture vengano sovrasollecitate o deformate.

Le parti a contatto con funi, catene od altri organi di sollevamento saranno opportunamente protette.

Il montaggio sarà eseguito in modo che la struttura raggiunga la configurazione geometrica di progetto, nel rispetto dello stato di sollecitazione previsto nel progetto medesimo.

In particolare, per quanto riguarda le strutture a travata, si dovrà controllare che la controfreccia ed il posizionamento sugli apparecchi di appoggio siano conformi alle indicazioni di progetto, rispettando le tolleranze previste.

La stabilità delle strutture dovrà essere assicurata durante tutte le fasi costruttive e la rimozione dei collegamenti provvisori e di altri dispositivi ausiliari dovrà essere fatta solo quando essi risulteranno staticamente superflui.

L'assemblaggio ed il montaggio in opera delle strutture dovrà essere effettuato senza che venga interrotto il traffico di cantiere sulla eventuale sottostante sede stradale salvo brevi interruzioni durante le operazioni di sollevamento, da concordare con la Direzione dei Lavori.

Nella progettazione e nell'impiego delle attrezzature di montaggio, l'Appaltatore è tenuto a rispettare le norme, le prescrizioni ed i vincoli che eventualmente venissero imposti da Enti, Uffici e persone responsabili riguardo alla zona interessata, ed in particolare:

- per l'ingombro degli alvei dei corsi d'acqua;
- per sagome da lasciare libere nei sovrappassi o sottopassi di strade, autostrade, ferrovie, tranvie, ecc.;
- per le interferenze con servizi di soprasuolo e di sottosuolo.

Prove di Carico e Collaudo Statico

Prima di sottoporre le strutture di acciaio alle prove di carico, dopo la loro ultimazione in opera e di regola, prima che siano applicate le ultime mani di vernice, quando prevista, verrà eseguita da parte della Direzione dei Lavori una 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 ed a tutte le prescrizioni di contratto.

Ove nulla osti, si procederà quindi alle prove di carico ed al collaudo statico delle strutture; operazioni che verranno condotte, a cura e spese dell'Appaltatore, secondo le prescrizioni contenute nei decreti ministeriali vigenti e nel d.P.R. 380/2001 e s.m.i.

3.4.2 ACCIAIO PER CALCESTRUZZO ARMATO

Caratteristiche dimensionali e di impiego

L'acciaio per cemento armato è esclusivamente prodotto in stabilimento sotto forma di barre o rotoli, reti o tralici, per utilizzo diretto o come elementi di base per successive trasformazioni.

Prima della fornitura in cantiere gli elementi di cui sopra possono essere saldati, presagomati (staffe, ferri piegati, ecc.) o preassemblati (gabbie di armatura, ecc.) a formare elementi composti direttamente utilizzabili in opera.

La sagomatura e/o l'assemblaggio possono avvenire:

- in cantiere, sotto la vigilanza della Direzione dei Lavori;
- in centri di trasformazione, solo se provvisti dei requisiti di cui al p. 11.3.1.7. del D.M. 17 gennaio 2018.

Tutti gli acciai per calcestruzzo armato devono essere ad aderenza migliorata, aventi cioè una superficie dotata di nervature o dentellature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte a garantire adeguata aderenza tra armature e conglomerato cementizio.

Per quanto riguarda la marchiatura dei prodotti e la documentazione di accompagnamento vale quanto indicato nel D.M. 17 gennaio 2018.

Reti e tralici elettrosaldati

Gli acciai delle reti e tralici elettrosaldati devono essere saldabili. L'interasse delle barre non deve superare, nelle due direzioni, 330 mm.

I tralici e le reti sono prodotti reticolari assemblati in stabilimento mediante elettrosaldature, eseguite da macchine automatiche in tutti i punti di intersezione.

Per le reti ed i tralici costituiti con acciaio B450C, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione: $6 \text{ mm } d = <16 \text{ mm}$.

Per le reti ed i tralici costituiti con acciaio B450A, gli elementi base devono avere diametro (d) che rispetta la limitazione: $5 \text{ mm } d = <10 \text{ mm}$.

La produzione di reti e tralici elettrosaldati deve essere effettuata a partire da materiale di base qualificato. Nel caso di reti e tralici formati con elementi base prodotti nello stesso stabilimento, la marchiatura del prodotto finito può coincidere con quella dell'elemento base.

Nel caso di reti e tralici formati con elementi base prodotti in altro stabilimento, deve essere apposta su ogni confezione di reti o tralici un'apposita etichettatura con indicati tutti i dati necessari per la corretta identificazione del prodotto e del fabbricante delle reti e dei tralici stessi.

Il Direttore dei Lavori, al momento dell'accettazione della fornitura in cantiere, verificherà la presenza della predetta etichettatura.

Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e secondo quanto disposto al punto 11.3.2.12 del D.M. 17 gennaio 2018 devono essere effettuati entro 30 giorni dalla data di consegna del materiale a cura di un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001.

Essi devono essere eseguiti in ragione di 3 campioni ogni 30 t di acciaio impiegato della stessa classe proveniente dallo stesso stabilimento o Centro di trasformazione, anche se con forniture successive.

I campioni devono essere ricavati da barre di uno stesso diametro o della stessa tipologia (in termini di diametro e dimensioni) per reti e tralicci, e recare il marchio di provenienza.

Il prelievo dei campioni va effettuato alla presenza del Direttore dei Lavori o di tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.

Qualora la fornitura, di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori, dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione sia in possesso di tutti i requisiti previsti al punto 11.3.1.7 del D.M. 17 gennaio 2018, può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore tecnico del centro di trasformazione secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

La domanda di prove al Laboratorio autorizzato deve essere sottoscritta dal Direttore dei Lavori e deve contenere indicazioni sulle strutture interessate da ciascun prelievo.

3.4.3. ACCIAIO PER STRUTTURE METALLICHE E PER STRUTTURE COMPOSTE

Acciai laminati

Gli acciai laminati di uso generale per la realizzazione di strutture metalliche e per le strutture composte comprendono:

Prodotti lunghi

- laminati mercantili (angolari, L, T, piatti e altri prodotti di forma);
- travi ad ali parallele del tipo HE e IPE, travi IPN;
- laminati ad U

Prodotti piani

- lamiere e piatti
- nastri

Profilati cavi

- tubi prodotti a caldo

Prodotti derivati

- travi saldate (ricavate da lamiere o da nastri a caldo);
- profilati a freddo (ricavati da nastri a caldo);
- tubi saldati (cilindrici o di forma ricavati da nastri a caldo);
- lamiere grecate (ricavate da nastri a caldo).

Acciaio per strutture saldate

Gli acciai per strutture saldate, oltre a soddisfare le condizioni indicate al punto 11.3.4.1 del D.M. 17 gennaio 2018, devono avere composizione chimica conforme a quanto riportato nelle norme europee armonizzate applicabili, di cui al punto 11.3.4.1 del citato decreto.

Acciaio per getti

Per l'esecuzione di parti in getti si devono impiegare acciai conformi alla norma UNI EN 10293.

Quando tali acciai debbano essere saldati, valgono le stesse limitazioni di composizione chimica previste per gli acciai laminati di resistenza similare.

Processo di saldatura

La saldatura degli acciai dovrà avvenire con uno dei procedimenti all'arco elettrico codificati secondo la

norma UNI EN ISO 4063. È ammesso l'uso di procedimenti diversi purché sostenuti da adeguata documentazione teorica e sperimentale.

I saldatori nei procedimenti semiautomatici e manuali dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9606-1 da parte di un Ente terzo. Ad integrazione di quanto richiesto nella norma UNI EN ISO 9606-1, i saldatori che eseguono giunti a T con cordoni d'angolo dovranno essere specificamente qualificati e non potranno essere qualificati soltanto mediante l'esecuzione di giunti testa-testa.

Gli operatori dei procedimenti automatici o robotizzati dovranno essere certificati secondo la norma UNI EN ISO 14732.

Tutti i procedimenti di saldatura dovranno essere qualificati mediante WPQR (qualifica di procedimento di saldatura) secondo la norma UNI EN ISO 15614-1.

Le durezze eseguite sulle macrografie non dovranno essere superiori a 350 HV30.

Per la saldatura ad arco di prigionieri di materiali metallici (saldatura ad innesco mediante sollevamento e saldatura a scarica di condensatori ad innesco sulla punta) si applica la norma UNI EN ISO 14555; valgono perciò i requisiti di qualità di cui al prospetto A1 della appendice A della stessa norma.

Le prove di qualifica dei saldatori, degli operatori e dei procedimenti dovranno essere eseguite da un Ente terzo; in assenza di prescrizioni in proposito l'Ente sarà scelto dal costruttore secondo criteri di competenza e di indipendenza.

Sono richieste caratteristiche di duttilità, snervamento, resistenza e tenacità in zona fusa e in zona termica alterata non inferiori a quelle del materiale base.

Nell'esecuzione delle saldature dovranno inoltre essere rispettate le norme UNI EN 1011 parti 1 e 2 per gli acciai ferritici e della parte 3 per gli acciai inossidabili. Per la preparazione dei lembi si applicherà, salvo casi particolari, la norma UNI EN ISO 9692-1.

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

In assenza di tali dati per strutture non soggette a fatica si adotterà il livello C della norma UNI EN ISO 5817 e il livello B per strutture soggette a fatica.

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

Per le modalità di esecuzione dei controlli ed i livelli di accettabilità si potrà fare utile riferimento alle prescrizioni della norma UNI EN ISO 17635.

Tutti gli operatori che eseguiranno i controlli dovranno essere qualificati secondo la norma UNI EN ISO 9712 almeno di secondo livello.

Bulloni e chiodi

I bulloni sono organi di collegamento tra elementi metallici, introdotti in fori opportunamente predisposti, composti dalle seguenti parti:

- gambo, completamente o parzialmente filettato con testa esagonale (vite);
- dado di forma esagonale, avvitato nella parte filettata della vite;
- rondella (o rosetta) del tipo elastico o rigido.

In presenza di vibrazioni dovute a carichi dinamici, per evitare lo svitamento del dado, possono essere applicate rondelle elastiche oppure dei controdadi.

Bulloni "non a serraggio controllato"

Agli assiami Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'non precaricate' si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 15048-1.

In alternativa anche gli assiami ad alta resistenza conformi alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1 sono idonei per l'uso in giunzioni non precaricate.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nella seguente tabella

Tabella 1

Viti	Dadi	Rondelle	Riferimento
------	------	----------	-------------

Classe di resistenza UNI EN ISO 898-1	Classe di resistenza UNI EN ISO 898-2	Durezza	
4.6	4; 5; 6 oppure 8	100 HV min.	UNI EN 15048-1
4.8			
5.6	5; 6 oppure 8		
5.8			
6.8	6 oppure 8		
8.8	8 oppure 10	100 HV min oppure 300 HV min.	
10.9	10 oppure 12		

Le tensioni di snervamento f_{yb} e di rottura f_{tb} delle viti appartenenti alle classi indicate nella tabella sotto riportata.

Tabella 2

Classe	4.6	4.8	5.6	6.8	8.8	10.9
f_{yb} (N/mm ²)	240	320	300	480	640	900
f_{tb} (N/mm ²)	400	400	500	600	800	1000

Bulloni "a serraggio controllato"

Agli assiemi Vite/Dado/Rondella impiegati nelle giunzioni 'Precaricate' si applica quanto specificato al punto A del paragrafo 11.1 in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14399-1.

Viti, dadi e rondelle, in acciaio, devono essere associate come nella seguente tabella

Sistema	Viti		Dadi		Rondelle	
	Classe resistenza	di Riferimento	Classe di resistenza	Riferimento	Durezza	Riferimento
HR	8.8	UNI EN 14399-1	8	UNI EN 14399-3	300-370 HV	UNI EN 14399 parti 5 e 6
	10.9	UNI EN 14399-3	10	UNI EN 14399-3		
	10.9	UNI EN 14399-4	10	UNI EN 14399-4		

Chiodi

Per i chiodi da ribadire a caldo si devono impiegare gli acciai previsti dalla norma UNI EN 10263 (parti 1 - 5).

Procedure di controllo su acciai da carpenteria

Controlli di accettazione in cantiere

I controlli di accettazione in cantiere, da eseguirsi presso un laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001, sono obbligatori per tutte le forniture di elementi e/o prodotti, qualunque sia la loro provenienza e la tipologia di qualificazione.

Il prelievo dei campioni va eseguito alla presenza del Direttore dei Lavori o di un tecnico di sua fiducia che provvede alla redazione di apposito verbale di prelievo ed alla identificazione dei provini mediante sigle, etichettature indelebili, ecc.; la certificazione effettuata dal laboratorio prove materiali deve riportare riferimento a tale verbale. La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni.

Qualora la fornitura di elementi lavorati provenga da un Centro di trasformazione o da un fabbricante di elementi marcati CE dopo essersi accertato preliminarmente che il suddetto Centro di trasformazione o il fabbricante sia in possesso di tutti i requisiti previsti dalla norma, Il Direttore dei Lavori può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione o fabbricante ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di cui sopra. In tal caso il prelievo dei campioni viene effettuato dal Direttore Tecnico del Centro di trasformazione o del fabbricante secondo le disposizioni del Direttore dei Lavori; quest'ultimo deve assicurare, mediante sigle, etichettature indelebili, ecc., che i campioni inviati per le prove al laboratorio incaricato siano effettivamente

quelli da lui prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove.

Il laboratorio incaricato di effettuare le prove provvede all'accettazione dei campioni accompagnati dalla lettera di richiesta sottoscritta dal direttore dei lavori. Il laboratorio verifica lo stato dei provini e la documentazione di riferimento ed in caso di anomalie riscontrate sui campioni oppure di mancanza totale o parziale degli strumenti idonei per la identificazione degli stessi, deve sospendere l'esecuzione delle prove e darne notizia al Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove. I laboratori devono conservare i campioni sottoposti a prova per almeno trenta giorni dopo l'emissione dei certificati di prova, in modo da consentirne l'identificabilità e la rintracciabilità.

A seconda delle tipologie di materiali pervenute in cantiere il Direttore dei Lavori deve effettuare i seguenti controlli:

- Elementi di Carpenteria Metallica: 3 prove ogni 90 tonnellate;
- Lamiere grecate e profili formati a freddo: 3 prove ogni 15 tonnellate;
- Bulloni e chiodi: 3 campioni ogni 1500 pezzi impiegati;
- Giunzioni meccaniche: 3 campioni ogni 100 pezzi impiegati.

I controlli di accettazione devono essere effettuati prima della posa in opera degli elementi e/o dei prodotti.

I criteri di valutazione dei risultati dei controlli di accettazione devono essere adeguatamente stabiliti dal Direttore dei Lavori in relazione alle caratteristiche meccaniche dichiarate dal fabbricante nella documentazione di identificazione e qualificazione e previste dalle presenti norme o dalla documentazione di progetto per la specifica opera.

3.4.4. VERNICIATURA ANTICORROSIVA CARPENTERIA

TINTEGGIATURE E VERNICIATURE

Qualunque tinteggiatura, coloritura o verniciatura dovrà essere preceduta da una conveniente ed accuratissima preparazione delle superfici, e precisamente da raschiature, scrostature, eventuali riprese di spigoli e tutto quanto occorre per uguagliare le superfici medesime.

Successivamente le dette superfici dovranno essere perfettamente levigate con carta vetrata e, quando trattasi di coloriture o verniciature, nuovamente stuccate, quindi pomiciate e lisiate, previa imprimitura, con modalità e sistemi atti ad assicurare la perfetta riuscita del lavoro.

Speciale riguardo dovrà aversi per le superfici da rivestire con vernici. Per le opere in legno, la stuccatura ed imprimitura dovrà essere fatta con mastici adatti, e la levigatura e rasatura delle superfici dovrà essere perfetta.

Per le opere metalliche la preparazione delle superfici dovrà essere preceduta dalla raschiatura delle parti ossidate.

Le tinteggiature, coloriture e verniciature dovranno, se richiesto, essere anche eseguite con colori diversi su una stessa parete, complete di filettature, zoccoli e quant'altro occorre per l'esecuzione dei lavori a regola d'arte.

La scelta dei colori è dovuta al criterio insindacabile della Direzione Lavori e non sarà ammessa alcuna distinzione tra colori ordinari e colori fini, dovendosi in ogni caso fornire i materiali più fini e delle migliori qualità.

Le successive passate di coloriture ad olio e verniciature dovranno essere di tonalità diverse, in modo che sia possibile, in qualunque momento, controllare il numero delle passate che sono state applicate.

In caso di contestazione, qualora l'Impresa non sia in grado di dare la dimostrazione del numero di passate effettuate, la decisione sarà a sfavore dell'Impresa stessa.

Comunque essa ha l'obbligo, dopo l'applicazione di ogni passata e prima di procedere all'esecuzione di quella successiva, di farsi rilasciare dal personale della Direzione Lavori idonea autorizzazione.

Prima d'iniziare le opere da pittore, l'Impresa ha inoltre l'obbligo di eseguire nei luoghi e con le modalità che le saranno prescritti, i campioni dei vari lavori di rifinitura, sia per la scelta delle tinte che per il genere di esecuzione, e di ripeterli eventualmente con le varianti richieste, sino ad ottenere l'approvazione della Direzione Lavori.

Essa dovrà infine adottare ogni precauzione e mezzo atti ad evitare spruzzi o macchie di tinte o vernici sulle opere finite (pavimenti, rivestimenti, infissi, ecc.), restando a suo carico ogni lavoro necessario a riparare i

danni eventualmente arrecati.

Le opere dovranno eseguirsi secondo le prescrizioni date nel progetto, di norma combinando opportunamente le operazioni elementari e le particolari indicazioni che seguono.

La Direzione Lavori avrà la facoltà di variare, a suo insindacabile giudizio, le opere elementari elencate in appresso, sopprimendone alcune od aggiungendone altre che ritenesse più particolarmente adatte al caso specifico e l'Impresa dovrà uniformarsi a tali prescrizioni senza potere perciò sollevare eccezioni di sorta.

Il prezzo dell'opera stessa subirà in conseguenza semplici variazioni in meno od in più, in relazione alle varianti introdotte ed alle indicazioni, della tariffa prezzi, senza che l'Impresa possa accampare perciò diritto a compensi speciali di sorta.

ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI VERNICIANTI – GARANZIE

Ad avvenuta consegna dei lavori e prima di dare corso ai cicli di verniciatura previsti, l'Impresa dovrà consegnare alla Direzione Lavori campioni di tutti i prodotti vernicianti componenti i due cicli, con i relativi diluenti, in contenitori sigillati del peso di 0,500 Kg cadauno, nel numero di tre per ogni prodotto.

Ciascun campione dovrà essere accompagnato da schede tecniche riportanti le caratteristiche di composizione ed applicazione del prodotto.

L'Impresa, a sua cura e spese e sotto il controllo della Direzione Lavori, provvederà a sottoporre i campioni a prova presso Laboratori di fiducia e verificarne la rispondenza ai requisiti richiesti.

Solo dopo che i laboratori avranno accertato tale rispondenza, la Direzione Lavori formalizzerà l'autorizzazione all'Impresa alla applicazione dei cicli, riservandosi di verificare in qualsiasi momento durante il corso dei lavori, sempre a spese dell'Impresa, la conformità dei prodotti impiegati, presenti a piè d'opera, ai campioni sottoposti a prova.

L'Impresa è tenuta a garantire la buona esecuzione dei lavori e la conservazione del ciclo applicato per un periodo di sette anni.

La decorrenza della suddetta garanzia inizierà alla data del certificato di ultimazione lavori con l'obbligo di gratuita manutenzione per tutto il periodo di garanzia.

Nel detto periodo resta obbligata ad eseguire, a propria cura e spese, i ritocchi e quanto altro si rendesse necessario al fine di mantenere la verniciatura in condizioni di totale efficienza.

Se i lavori di ritocco eseguito nel periodo di garanzia superano il 20% della superficie totale, l'Impresa sarà tenuta ad eseguire, a sua cura e spese, una totale successiva mano di verniciatura a conguaglio al fine di ripristinare il buon aspetto estetico dell'opera.

L'Impresa è tenuta inoltre a garantire la buona conservazione dello strato di primer zincante inorganico eseguito in officina per tutto il periodo intercorrente fino all'esecuzione dello strato intermedio e comunque per almeno un anno.

Verniciatura anticorrosiva per nuove opere in acciaio al carbonio, da effettuarsi prevalentemente (per il 95%) in stabilimento e per la parte rimanente (per il 5%) in cantiere, limitatamente ai ritocchi delle parti interessate da saldature, bullonature o altre lavorazioni effettuate in opera, caratterizzata da un primer ad azione galvanica, uno strato intermedio epossidico ed una finitura a base di poliuretano fluorurato.

Il sistema protettivo deve essere idoneo per ambiente operativo C4 (VH) aree industriali ed aree costiere con moderata salinità e C5 (H) aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva, aree costiere con alta salinità, con classe di durabilità UNI EN ISO 12944-5:2018 molto alta (VH) maggiore di 25 anni ed eccellente resistenza alla luce.

In dettaglio le lavorazioni previste sono:

- 1) sabbiatura Sa 2,5 secondo lo standard SSPC-SP1 della Society for Protective Coatings;
- 2) depolveratura della superficie mediante soffiatura
- 3) applicazione su bordi e spigoli di una prima mano (stripe coat) di pasta zincante monocomponente avente un contenuto minimo di zinco metallico > 95% nel film secco;

- 4) applicazione a spruzzo airless o pennello su tutta la superficie di una mano di protettivo galvanico filmante monocomponente avente un contenuto minimo di zinco metallico > 95% nel film secco, spessore minimo 60 micron DFT;
- 5) applicazione su tutta la superficie di una prima mano di pittura epossidica bicomponente avente funzione di tie coat per uno spessore di circa 30-50 micron DFT, ed una seconda mano piena fino a raggiungere uno spessore totale di 160 micron DFT;
- 6) applicazione a pennello su spigoli, bordi, contorni dadi e bulloni, di pittura di finitura poliuretanica fluorurata, avente un contenuto di solidi in volume > 55%, contenuto di fluoro, > 9% secondo ASTM D-7359.14a;
- 7) applicazione su tutta la superficie di pittura di finitura poliuretanica fluorurata avente un contenuto di solidi in volume > 55%, contenuto di fluoro, > 9% secondo ASTM D7359-14a, spessore minimo 40 micron DFT fino a copertura.

A fine lavorazione il ciclo protettivo deve soddisfare i seguenti requisiti minimi prestazionali:

- spessore minimo 260 micron;
- la differenza di potenziale misurata secondo ASTM G215 > 1,10 Volt;
- adesione secondo ISO 4624: > 4,5 MPa;
- aver superato i test previsti da ISO 12944.5/6:2018 per classe di corrosione C5VH certificato da Università, Enti o Laboratori qualificati (dopo il test, nessun blistering, profondità di penetrazione dell'ossidazione sull'incisione come da C.S.A., nessun distacco, nessuna delaminazione).

Sono compresi e compensati i materiali, la mano d'opera, le attrezzature, i mezzi d'opera e le opere provvisorie per l'accesso alle superfici da trattare ed ogni altro onere per dare finita la lavorazione eseguita a regola d'arte.

CICLO "C"

Verniciatura anticorrosiva in stabilimento per nuove opere in acciaio non rivestito, con ciclo costituito da strati di vernice protettiva ad alta durabilità il cui strato di finitura è di tipo poliuretanico fluorurato ad alto solido, idoneo per ambiente operativo C5 aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva, aree costiere con alta salinità, con classe di durabilità UNI EN ISO 12944- 5:2018 molto alta (VH) maggiore di 25 anni ed eccellente resistenza alla radiazione UV.

Il ciclo della lavorazione è il seguente:

1. sabbiatura Sa 2,5 secondo lo standard SSPC-SP1 della Society for Protective Coatings;
2. applicazione del ciclo di pittura così come definito nella scheda ciclo "C" del C.S.A.

Compresi e compensati i materiali, la mano d'opera, le attrezzature, i mezzi d'opera e le opere provvisorie per l'accesso alle superfici da trattare ed ogni altro onere per dare finita la lavorazione eseguita a regola d'arte.

CICLO "M5"

Verniciatura anticorrosiva in cantiere per manutenzione di strutture esistenti in acciaio o acciaio zincato a caldo, con ciclo costituito da un sistema multistrato galvanico applicabile a freddo, ad alta durabilità ed elevata velocità di applicazione, per strutture in acciaio rivestito, il cui primo strato è costituito da un protettivo galvanico filmante ad alto tenore di zinco metallico e lo strato di finitura è di tipo poliuretanico fluorurato, come da scheda ciclo del C.S.A.

Il ciclo M5 è idoneo per ambiente operativo C4 aree industriali ed aree costiere con moderata salinità e C5 aree industriali con elevata umidità e atmosfera aggressiva, aree costiere con alta salinità, con classe di durabilità UNI EN ISO 12944-5:2018 molto alta (VH) maggiore di 25 anni ed eccellente resistenza alla luce.

Il ciclo da applicare è il seguente:

- 1) preparazione della superficie mediante sabbiatura da pagarsi a parte con le relative voci di elenco prima della lavorazione di verniciatura;

- 2) in caso di ruggine localizzata di difficile asportazione, condurre pulizia localizzata mediante spazzolatura manuale o molatura;
- 3) idro-lavaggio a bassa pressione con acqua additivata di specifico inibitore di corrosione;
- 4) su superficie asciutta e pulita, applicazione su bordi e spigoli di una prima mano (stripe coat) di pasta zincante monocomponente avente un contenuto minimo di zinco metallico > 95% nel film secco;
- 5) applicazione a spruzzo airless o pennello su tutta la superficie di una mano di protettivo galvanico filmante monocomponente avente un contenuto minimo di zinco metallico > 95% nel film secco, spessore minimo 60 micron DFT;
- 6) applicazione su tutta la superficie di una prima mano di pittura epossidica bicomponente avente funzione di tie coat per uno spessore di circa 30-50 micron DFT, ed una seconda mano piena fino a raggiungere uno spessore totale di 160 micron DFT;
- 7) applicazione a pennello su spigoli, bordi, contorni dadi e bulloni, di pittura di finitura poliuretanica fluorurata, avente un contenuto di solidi in volume > 55%, contenuto di fluoro, > 9% secondo ASTM D-7359.14a;
- 8) applicazione su tutta la superficie di pittura di finitura poliuretanica fluorurata avente un contenuto di solidi in volume > 55%, contenuto di fluoro, > 9% secondo ASTM D7359-14a, spessore minimo 40 micron DFT fino a copertura.

A fine lavorazione il ciclo protettivo deve soddisfare i seguenti requisiti minimi prestazionali:

- spessore minimo 260 micron;
- la differenza di potenziale misurata secondo ASTM G215 > 0,80 Volt;
- adesione secondo ISO 4624: > 4,5 MPa;
- aver superato i test previsti da ISO 12944.5/6:2018 per classe di corrosione C5VH certificato da Università, Enti o Laboratori qualificati (dopo il test, nessun blistering, profondità di penetrazione dell'ossidazione sull'incisione come da C.S.A., nessun distacco, nessuna delaminazione).

Compresi e compensati i materiali, la mano d'opera, le attrezzature, i mezzi d'opera e le opere provvisorie per l'accesso alle superfici da trattare ed ogni altro onere per dare finita la lavorazione eseguita a regola d'arte.

AEROIDROSABBIATURA

Preparazione in cantiere delle superfici metalliche mediante aeroidrosabbatura con abrasivo, da eseguire anche su parte delle superfici, secondo le indicazioni di progetto o nei casi in cui l'area è interessata da fenomeni di distacco del rivestimento e/o formazione di ruggine, secondo le norme ISO 8501, al grado SA 2,5 fino alla eliminazione di tutte le parti ossidate e/o che presentino scarsa aderenza e/o non idonea adesione al supporto metallico e il tutto con un profilo di rugosità per ancoraggio come da C.S.A, per le successive verniciature con cicli idonei.

Compresi e compensati i materiali, la mano d'opera, le attrezzature, i mezzi d'opera e le opere provvisorie per l'accesso alle superfici da trattare ed ogni altro onere per dare finita la lavorazione eseguita a regola d'arte.

3.5. OPERE STRADALI

3.5.1. EMULSIONE BITUMINOSA REALIZZATA IN STABILIMENTO

MISCELA

La tecnologia del riciclaggio con emulsione bituminosa in impianto, va applicata per reimpiegare materiali fresati o vergini, stoccati in cumuli, lavorandoli con opportuni impianti collocati in aree adiacenti il tratto da risanare oppure a fianco degli impianti a caldo.

Il materiale a cui sono aggiunti i leganti e l'acqua dovrà essere steso con finitrice e compattato in strati con spessore non superiori a 20 o inferiore a 10 cm.

Nella miscela è possibile impiegare vecchie fondazioni o pavimentazioni (misti cementati ammalorati, misti

stabilizzati, fresati) oltre a materiale vergine, purché opportunamente frantumati e rispondenti alle caratteristiche in seguito illustrate e ritenute idonee dalla DL.

Nel caso si impieghi solo materiale proveniente dalla fresatura di conglomerati bituminosi, per una corretta esecuzione della lavorazione, è bene integrare il materiale con il 10% di sabbia di frantumazione 0/4mm e 15-20% di graniglia.

INERTI

La miscela può comprendere materiali riciclati (fresato, demolizione, ecc), artificiali (scorie, argilla espansa, ecc) o naturali.

Tenendo conto del legante idraulico presente nella miscela, la curva granulometrica deve rispettare i seguenti limiti:

Setacci (mm)	Passante %
63	95-100
40	85-100
20	70-95
14	62-90
8	48-75
4	30-56
2	20-40
0.25	8-20
0.063	5-10

EMULSIONE

Per il riciclaggio a freddo si dovrà utilizzare emulsione cationica, con bitume modificato, sovrastabilizzata, rispondente alle seguenti caratteristiche:

Proprietà	Norma di riferimento	Unità di misura	Valori di riferimento
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	% peso	>60
Polarità	UNI EN 1430	+/-	Positiva
Viscosità a 40 C	UNI EN 12846	sec	40-130
Stabilità alla miscelazione con cemento	UNI EN 12848	g	<2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	%	>220
Adesività	UNI EN 13614	%	95
Parametri bitume estratto			
Penetrazione	UNI EN 1426	0,1 mm	< 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	> 55
Coesione a 10°C	EN 13589	J/cm ²	>3

STUDIO DI PROGETTO

La definizione della miscela dovrà essere ottenuta da uno specifico studio che si sviluppa attraverso le seguenti fasi:

- verifica della curva granulometrica ed eventuale integrazione con inerti fino a raggiungere il fuso di progetto
- determinazione della massima densità della miscela corretta mediante la preparazione di un campione essiccato comprensivo dell'1.5% di cemento e con quantità crescenti di acqua dell'1% in peso e determinazione dell'umidità ottimale (w)
- Determinazione della percentuale ottimale di emulsione mediante pressa girettoria secondo UNI EN 12697-31

I provini verranno poi addensati a 180 giri di pressa girettoria, operando indicativamente secondo lo schema seguente:

Cemento%	1.5			1.5			1.5			Le percentuali
Emulsione bituminosa	3.5	3.5	3.5	4	4	4	4.5	4.5	4.5	

% (acqua+bitume)										sono da intendersi in peso sulla miscela
Acqua di compattazione %	w-1%	w	w+1%	w-1%	w	w+1%	w-1%	w%	w+1%	
N° provini	6	6	6	6	6	6	6	6	6	

NB) Il valore di umidità ottimale di compattazione (w) è comprensivo del contributo di umidità derivata dall'emulsione bituminosa

Ciascuna serie di provini verrà maturata a 40°C per 72 ore in forno a ventilazione forzata e successivamente dovranno essere sottoposti a:

- N2 provini determinazione della massa volumica secca di riferimento a 180 giri
- N4 provini determinazione della trazione indiretta a 25°C

In base ai valori di resistenza ottenuti e confrontati con le resistenze diametrali di progetto richieste, verrà stabilita la miscela ottimale.

Con la miscela ottimale, si dovranno confezionare ulteriori 9 provini (maturati alle stesse condizioni), per le seguenti determinazioni:

- Resistenza a trazioni indiretta ITS
- La resistenza a trazione indiretta, dopo inibizione a 25° C, per 1 ora sottovuoto a 50mm di mercurio
- Modulo di rigidezza alla temperatura di prova di 20°C (UNI EN 12697-26)

Resistenze diametrali di progetto

Le resistenze dovranno essere misurate su provini compattati con pressa giratoria in base alle seguenti caratteristiche:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Numero di giri	180
Diametro provino (mm)	150

I provini vanno maturati a 40°C per 72 ore e termostatati per 4 ore a 25°C prima del test di rottura. Dovranno essere riscontrati le seguenti resistenze a trazione indiretta su una media di tre provini:

	3 giorni	Dimensioni provini (mm)
ITS 25°C (MPa) UNI EN 12697-23	> 0.35	Diametro 150, altezza 100-130
CTI 25°C (MPa)	45-60	

ITS = resistenza a trazione indiretta

CTI = coefficiente di trazione indiretta

La resistenza a trazione indiretta, dopo inibizione a 25° C, per 1 ora sottovuoto a 50mm di mercurio, deve risultare almeno il 70% (su una media di tre provini) di quella ottenuta su provini non immersi in acqua ITSR a 25°C (UNI EN 12697-12) => 70 %

Il provino dopo 3 giorni di maturazione a 40°C, dovrà fornire un modulo di rigidezza (secondo la UNI EN 12697-26 su una media di 3 provini) almeno pari a :

- Temperatura di prova 20°C 4000 Mpa Vedere valore laboratorio

Le miscele approvate dalla Direzione Lavori saranno assunte quali miscele di progetto e costituiranno riferimento per tutte le successive lavorazioni in opera e per l'applicazione di eventuali penalità.

In ogni caso l'Impresa sarà ritenuta l'unica responsabile delle miscele adottate.

MODALITA'ESECUTIVE INTERVENTO

Le lavorazioni, di norma non dovranno essere eseguite con temperatura ambiente inferiori a 10°C o superiori a 30°C né sotto pioggia.

La stesa dovrà avvenire mediante finitrice, con uno spessore dello strato finito non superiore a 15 cm.

Per la compattazione è indispensabile un rullo gommato di almeno 18 t di peso.

La miscela compattata, dovrà perdere umidità.

In condizioni meteorologiche favorevoli, lo strato dovrà essere lasciato scoperto per un paio di giorni; successivamente dovrà essere protetto con una mano di ancoraggio di emulsione bituminosa.

Nel caso in cui ci fosse il rischio di pioggia, si dovrà anticipare la mano di emulsione bituminosa protettiva.

In ogni caso, prima della stesa del conglomerato bituminoso a caldo, si dovrà dare una mano di ancoraggio di emulsione acida in quantità pari a 1-1.2 Kg/m².

Il tempo intercorrente tra la stesa di due strisce affiancate non dovrà superare di norma 1 - 2 ore per garantire la continuità della struttura.

Il transito di cantiere sullo strato finito, sarà ammesso dopo almeno 3 giorni di maturazione.

Eventuali aperture anticipate verranno comunque valutate in base al comportamento del materiale trattato.

Strati eventualmente compromessi dalle condizioni meteorologiche, o da altre cause dovranno essere rimossi e sostituiti a totale cura e spese dell'Impresa.

CONTROLLI ACCETTAZIONE E IN CORSO D'OPERA

La densità in sito dovrà essere maggiore o uguale al 90 % della densità dei provini preparati per la trazione indiretta con 180 giri di pressa giratoria (UNI EN 12697-31).

La resistenza a trazione indiretta verrà controllata su provini confezionati e stagionati in maniera del tutto simile a quelli di studio preparati in laboratorio, prelevando la miscela durante la stesa e prima del costipamento definitivo, nella quantità necessaria per il confezionamento dei sei provini, previa vagliatura al crivello da 20 mm.

La resistenza a 3 giorni di ciascun provino preparato con la miscela stesa non dovrà discostarsi da quella di riferimento preventivamente determinata in laboratorio di oltre $\pm 20\%$ e comunque non dovrà mai essere inferiore ai valori limiti sopra indicati.

Lo spessore stabilito non dovrà avere tolleranze in difetto superiori al 5%.

In ogni caso sia per la planarità che per le zone omogenee con spessore in difetto, sarà obbligo dell'Appaltatore a sua cura e spese compensare gli spessori carenti incrementando di ugual misura lo spessore del conglomerato bituminoso sovrastante.

Nel caso in cui lo spessore dello strato fosse troppo alto e tale eccesso andasse a scapito dello spessore del sovrastante conglomerato bituminoso, l'Impresa dovrà rimuovere la parte in eccesso mediante fresatura e successiva regolarizzazione e pulizia della superficie fresata.

La portanza dello strato dovrà essere rilevata tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) con valori minimi di 100 Mpa dopo 4 ore e 300 Mpa dopo 1 giorno e secondo la procedura prevista dalla norma ASTM E 2583-07.

Le prove andranno eseguite applicando uno sforzo pari a circa 70 Kpa, con durata di impulso di carico pari a circa 30 msec. Tale configurazione si ottiene utilizzando un carico da 10Kg con un'altezza di caduta pari a 100cm. Le prove eseguite salvabili su file informatico, devono registrare almeno la pressione effettivamente applicata, il tempo di applicazione del carico, la deflessione al centro piastra e il modulo elastico. Il modulo elastico viene calcolato con la seguente espressione:

$$E = f \times (1 - \mu^2) \times \sigma \times r / h_0$$

Con:

$f = 2$

$\mu = 0.35$

σ = sforzo effettivamente applicato (intorno a 70 Kpa)

$r = 150$ mm (raggio piastra)

h_0 = deflessione misurata in centro piastra

La DL effettuerà tale controllo prima della stesa degli strati superiori.

Indicativamente si dovrà prevedere una prova LWD ogni 500mq circa di strato steso; la DL potrà comunque variare tale densità in funzione dell'omogeneità dei risultati riscontrati.

In caso di carenze si dovranno interrompere le lavorazioni successive e adottare i necessari interventi fino all'ottenimento del valore richiesto.

TOLLERANZE SUI RISULTATI E PENALI

A discrezione della D.L. possono essere ammesse le seguenti tolleranze sui risultati delle prove di controllo:

Portanza

La portanza dello strato rilevata tramite LWD (Light Weight Deflectometer tipo Dynatest) non dovrà essere inferiore ai valori di riferimento.

Per valori inferiori a tale limite, verrà applicata una detrazione del 2% del prezzo di elenco per ogni punto di carenza al di sotto di tale limite fino ad un valore minimo della portanza pari al 80% di quello di riferimento. Valori inferiori a tale limite, comporteranno la rimozione dello strato e la sua successiva ricostruzione a spese dell'Impresa.

Addensamento

Per valori del grado di addensamento inferiore a quello di riferimento, verrà applicata una detrazione per tutto il tratto omogeneo a cui il valore si riferisce, pari al 2.5% per ogni 0.5% di grado di addensamento inferiore al 90% fino ad un valore minimo del 88%.

Addensamenti inferiori a tale valore limite, comporteranno la rimozione dello strato e la successiva ricostruzione a spese dell'impresa.

Le penali precedentemente indicate sono cumulabili e non escludono ulteriori detrazioni per difetto dei materiali costituenti, della miscela utilizzata rispetto a quella proposta dall'Impresa e/o della sua posa in opera, sempre che le carenze riscontrate rientrino nei limiti di accettabilità e non pregiudichino la funzionalità dell'opera.

3.5.2. FRESATURA DI STRATI DI CONGLOMERATO BITUMINOSO

La fresatura della sovrastruttura per la parte legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso dovrà essere effettuata con idonee frese a tamburo, funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta. Potranno essere eccezionalmente impiegate anche attrezzature tradizionali quali ripper, escavatore, demolitori, ecc., a discrezione della D.L. ed a suo insindacabile giudizio. Le attrezzature tutte dovranno essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla D.L. La superficie del cavo dovrà risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possano compromettere l'aderenza delle nuove stese da porre in opera. Eventuali residui di pavimentazioni instabili (cartelle), dovranno essere rimosse. L'Impresa si dovrà scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione stabiliti dalla D.L. Qualora questi dovessero risultare inadeguati e comunque diversi in difetto o in eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediatamente comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica. Il rilievo dei nuovi spessori dovrà essere effettuato in contraddittorio. Lo spessore della fresatura dovrà essere mantenuto costante in tutti i punti e sarà valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale del cavo. La pulizia del piano di scarifica, nel caso di fresature corticali o subcorticali dovrà essere eseguita con attrezzature munite di spazzole rotanti e/o dispositivi aspiranti o simili in grado di dare un piano perfettamente pulito. Le pareti dei tagli longitudinali dovranno risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

3.5.3. RIUTILIZZO DEL FRESATO

I conglomerati bituminosi provenienti dalla fresatura diretta delle pavimentazioni bituminose o da demolizioni a blocchi della pavimentazione e successiva frantumazione, potranno essere utilizzati o nei conglomerati bituminosi con o senza altri materiali vergini oppure per la costruzione di rilevati di qualsiasi tipo o per le sottofondazioni delle pavimentazioni stradali. Lo stoccaggio definito "messa in riserva" e l'impiego definitivo del fresato, deve rispondere a quanto prescritto dal Decreto Legislativo 152/06 e s.m.i. e l'impiego del fresato per gli usi sopra descritti, al di fuori dei conglomerati bituminosi, è subordinato all'esecuzione del "test di cessione" sul materiale tal quale, secondo il metodo riportato nell'allegato 3 del D.M. del 5 febbraio 1998 e s.m.i.. Per gli strati di base e binder si possono utilizzare fresati di qualunque provenienza, purchè con bitume modificato. Per gli strati di usura, dove accettato, dovrà essere impiegato materiale proveniente da analogo tipo di usura. In caso di utilizzo di fresato in percentuali superiori al 20%, le caratteristiche del bitume contenuto nel fresato dovranno essere valutate mediante la norma UNI EN 13108-8. L'utilizzo di fresato, comporta necessariamente l'impiego di rigeneranti (ACF) del vecchio bitume.

3.5.4. SIGILLATURA DI LESIONI O GIUNTI

Gli interventi di sigillatura per chiudere le discontinuità presenti sulla pavimentazione, devono essere effettuati tempestivamente in modo da contenere il fenomeno di rottura, evitando così la veloce degradazione della pavimentazione, soprattutto nei casi di distacco del giunto longitudinale di strisciata. Dopo attenta valutazione tecnica ed economica, l'intervento potrà essere scelto tra quelli nel seguito elencati.

SIGILLATURA CON EMULSIONE E SABBIA

Le sigillature dovranno essere realizzate con emulsione acida al 55% e sabbia con granulometria continua di dimensioni adeguate all'apertura delle lesioni.

L'emulsione verrà distribuita con appositi contenitori dotati di ugelli distributori o con attrezzature simili, previa soffiatura con aria compressa delle lesioni da sigillare.

Seguirà lo spandimento della sabbia umida fino ad intasamento.

SIGILLATURA CON BITUME MODIFICATO E LANCIA TERMICA

La sigillatura delle discontinuità della pavimentazione dovrà essere eseguita con bitumi modificati colati a caldo mediante idonee attrezzature in grado di effettuare la preventiva pulizia delle lesioni per tutta la profondità, riscaldamento delle pareti e colatura del sigillante fino alla loro completa otturazione.

In particolare queste attrezzature devono essere costituite da un compressore che attraverso una lancia munita di un dispositivo di riscaldamento, eroga aria calda da una caldaia capace di mantenere costante ed uniforme la temperatura del prodotto.

Con il getto di aria calda immesso nelle fessure per mezzo della lancia termica, si deve procedere alla perfetta e profonda pulitura della lesione, alla eliminazione di eventuali tracce di umidità e riscaldamento delle pareti ad una temperatura di almeno 80°C.

Il sigillante costituito da bitume modificato con gomma e polimeri, uniformemente riscaldato alla temperatura di consistenza fluida, deve essere versato con apposita attrezzatura all'interno della lesione fino alla sua completa otturazione assicurando la saturazione di eventuali microlesioni superficiali ai bordi della stessa lesione con la creazione di una striscia continua della larghezza variabile da 5 a 10 cm.

SIGILLATURA MEDIANTE NASTRO BITUMINOSO PREFORMATO ED AUTOADESIVO

Il nastro di bitume modificato preformato industrialmente, deve essere impiegato per sigillare e chiudere lesioni superficiali ed impedire infiltrazioni dell'acqua negli strati sottostanti, collegare e sigillare giunti di stesa. Genericamente può essere impiegato in tutti i casi di discontinuità della pavimentazione.

Il nastro è composto da bitume 80/100 +SBSr con percentuale di SBSr minima del 16% in peso. La larghezza del nastro deve essere compresa tra 40mm e 100 mm con spessore di 4mm

Il bitume dovrà avere le seguenti caratteristiche:

Penetrazione	< 30 dmm	UNI EN 1426
Punto rammollimento	> 200°C	UNI EN 1427

La posa in opera del nastro deve essere eseguita su superfici asciutte, sgrassate e libere da impurità. Il nastro deve essere appoggiato sulla lesione e si fisserà definitivamente con l'azione costipante del traffico e non deve essere posto in opera a temperatura dell'aria inferiore a 10°C. Terminata l'applicazione, la superficie del nastro deve essere coperta uniformemente con polvere di ardesia, calce, cemento, gesso o filler per evitare nella fase iniziale fenomeni di adesione tra nastro e pneumatici. In funzione della larghezza della lesione devono essere impiegati nastri di adeguata larghezza. Il rapporto tra la larghezza del nastro e quella della lesione, deve essere almeno 2.5.

3.5.5. CONGLOMERATI BITUMINOSI A CALDO

ACCETTAZIONE DEI CONGLOMERATI BITUMINOSI

I materiali utilizzati dovranno essere preventivamente qualificati in conformità al regolamento sui prodotti da costruzione n°305/2011 (CPR). Ciascuna fornitura di materiale dovrà essere accompagnata dalla marcatura CE secondo il sistema di attestazione previsto dalla normativa armonizzata vigente. Prima dell'inizio lavori, l'Impresa dovrà farsi carico di uno studio di ottimizzazione prodotto da un laboratorio precedentemente autorizzato dalla D.L., comprovante la conformità del prodotto proposto alle specifiche tecniche indicate nel presente capitolato. La D.L. dovrà approvare tale studio di ottimizzazione e i successivi

controlli in corso d'opera faranno riferimento ai parametri in esso contenuti (numero giri di pressa giratoria di riferimento N = N2)

MATERIALI

Bitumi di base

I bitumi di base sono bitumi semisolidi per uso stradale di normale produzione con le caratteristiche indicate nella successiva tabella impiegati per il confezionamento di conglomerati bituminosi.

Per tutte le lavorazioni andrà sempre impiegato il bitume di tipo "A" salvo casi particolari in cui potrà essere impiegato il bitume "B" sempre su preventiva approvazione della D. L.

Parametri	Norma	Unità misura	Bitume A	Bitume B
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70	80-100
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	45-55	44-49
Solubilità	UNI EN 12592	%	>99	>99
Punto rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	-6	-7
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa x s	0.15-0.25	0.05-0.20
Valori dopo RTFOT				
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.5	≤ 0.8
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	≥ 50	≥ 50
Incremento punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	< 9	< 9

Bitumi modificati

I bitumi di base potranno essere modificati in raffineria, mediante l'aggiunta di polimeri.

In base al grado di modifica, si differenziano:

- Bitumi tipo Soft
- Bitumi tipo Hard

I bitumi dovranno rispettare le caratteristiche riportate nelle tabelle successive e rispondere alle caratteristiche previste dalla norma UNI EN 14023

BITUMI TIPO SOFT UNI EN14023-PmB 45-80/60			
Parametri	Norma	Unità misura	Valori
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60
Punto rottura Fraass	UNI EN 12593	°C	≤ -12
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	≥ 70
Stabilità stoccaggio a caldo	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa x s	0.1-0.3
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥ 3
Dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione	UNI EN 1426	%	≥ 60
Variazione punto	UNI EN 1427	°C	≤ 8

rammollimento			
---------------	--	--	--

BITUMI TIPO HARD UNI EN 14023-PmB 45-80/70			
Parametri	Norma	Unità misura	Valori
Penetrazione	UNI EN 1426	0.1mm	50-70
Punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 70
Punto rottura Fraass	UNI EN 12693	°C	<-15
Ritorno elastico	UNI EN 13398	%	≥ 80
Stabilità stoccaggio a caldo	UNI EN 13399	°C	≤ 3
Viscosità dinamica a 160 °C	UNI EN 13302	Pa xs	0.3-0.8
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	≥3
Dopo RTFOT			
Perdita per riscaldamento a 163°C	UNI EN 12607-1	%	≤ 0.8
Penetrazione	UNI EN 1426	%	≥ 60
Variazione punto rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 8

Emulsioni bituminose

Per la campionatura delle emulsioni bituminose si segue il metodo CNR BU 98/1984.

Emulsioni bituminose cationiche per mano d'attacco

Prima della stesa del conglomerato dovrà essere applicata una mano di attacco costituita da emulsione acida (cationica) al 60% di bitume a rottura rapida. L'emulsione dovrà essere stesa in un velo perfettamente uniforme e continuo, garantendo la completa rottura dell'emulsione e l'evaporazione dell'acqua prima della stesa del conglomerato.

Le emulsioni bituminose impiegate come mano d'attacco, devono rispettare i seguenti requisiti:

LEGANTE			A rapida rottura	A media rottura
Caratteristiche	Norma	Unità misura	Valore	Valore
Contenuto di bitume (residuo di distillazione)	UNI EN 1431	% in peso	> 58 (Classe 5)	> 63 (Classe 7)
Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio	UNI EN 1429	% in peso	≤ 0.5 (Classe 4)	≤ 0.5 (Classe 4)
Tendenza alla sedimentazione	UNI EN 12847	% in peso	≤ 10 (Classe 3)	≤ 10 (Classe 3)
Viscosità (ugello 2mm a 40°C)	EN 12846	s	5-70 (Classe 5)	5-70 (Classe 5)
Carica delle particelle	UNI EN 1430	±	Positiva (Classe 2)	Positiva (Classe 2)

Emulsioni bituminose elastomerica per mano d'attacco

L'emulsione bituminosa elastomerizzata è caratterizzata da temperature di stoccaggio e di applicazione pari rispettivamente a 50 – 55 e 55 – 60 °C; quest'ultima e il bitume componente devono soddisfare i requisiti riportati nelle tabelle seguenti.

Caratteristiche	Norma	Unità misura	Valore C 70 BP 3
Contenuto di legante (residuo di distillazione)	UNI EN 1431	%	≥ 67 (Classe 8)
Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio	UNI EN 1429	%	≤ 0.5 (Classe 4)

Tendenza alla sedimentazione	UNI EN 12847	%	≤ 10 (Classe 3)
Adesività	UNI EN 13614	%	≥ 90 (Classe 3)
Viscosità (Ugello da 4 mm a 40°C)	EN 12846	s	5-70 (Classe 5)

BITUME MODIFICATO (% di modificante(*) = 4 – 6%) PER EMULSIONE BITUMINOSA

Caratteristiche	Norma	Unità	Valore
Penetrazione residuo bituminoso	UNI EN 1426	0,1 mm	< 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	≥ 60
Coesione a 10°C	UNI EN 13589	J/cm ²	>3
Ritorno elastico a 25°C	UNI EN 13398	%	≥ 70

(*) Si intendono polimeri di natura elastomerica e/o plastomerica (SBS-R, LPDE, EVA,EMA)

Per l'approvvigionamento dell'emulsione bituminosa elastomerizzata deve essere presentata una scheda tecnica attestante le caratteristiche corrispondenti ai requisiti di accettazione sopra indicati.

Attivanti chimici funzionali (ACF)

Dovranno essere sempre utilizzati nelle lavorazioni a caldo in cui si reimpiega materiale fresato.

Essi devono avere caratteristiche tali da migliorare le proprietà di adesione, coesione, viscosità e resistenza all'invecchiamento del legante totale (vecchio + nuovo).

Il dosaggio sarà indicativamente dello 0.2-0.8% in peso rispetto al bitume aggiunto ogni 10% di fresato presente nella miscela legante totale, secondo le indicazioni della DL ed in accordo con i laboratori accreditati.

I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

Attivanti l'adesione

Nella confezione dei conglomerati bituminosi dei vari strati saranno impiegate sostanze chimiche attivanti l'adesione bitume - aggregato (agenti tensioattivi di adesività)

Il dosaggio potrà variare a seconda delle condizioni di impiego, della natura degli aggregati e delle caratteristiche del prodotto, tra il 0,3% ed il 0,6% rispetto al peso del bitume. I dosaggi e le tecniche di impiego dovranno ottenere il preventivo benessere della D.L.

L'immissione delle sostanze tensioattive nel bitume dovrà essere realizzata con idonee attrezzature tali da garantire la loro perfetta dispersione e l'esatto dosaggio nel legante bituminoso.

I prodotti dovranno essere accompagnati dalle schede tecniche che ne indicano le caratteristiche e modalità di impiego, che potranno essere verificati con appositi test di cantiere.

Per la verifica delle quantità effettivamente impiegate, vanno fornite alla DL copia delle bolle di consegna

Fibre per il rinforzo strutturale del bitume

Sono prodotti che migliorano le caratteristiche strutturali del legante, aumentando i valori di resistenza a trazione e diminuendo la suscettibilità termica.

Vanno utilizzate obbligatoriamente nei conglomerati bituminosi drenanti, per aumentare la stabilità nel tempo.

L'elemento fibroso rinforzante può essere di natura minerale (vetro) o sintetica (fibre acriliche); si possono utilizzare anche soluzioni miste tramite l'aggiunta di prodotti celluloseici o anche polimerici.

La percentuale di impegno delle fibre è indicativamente dello 0.05-0.5% in peso sugli aggregati a seconda della tipologia di miscela impiegata (% di elemento rinforzante contenuto nella miscela).

Le fibre e le loro miscele dovranno avere caratteristiche tali da disperdersi in modo capillare nel conglomerato; l'impiego richiede l'utilizzo di appositi macchinari per la corretta dosatura, disgregazione e dispersione nel conglomerato.

La validità delle fibre, potrà essere verificata con le prove prestazionali del legante ottenuto operando con la stessa miscela di inerti e misurando la resistenza alla trazione indiretta su provini realizzati con e senza fibra.

MODALITA' ESECUTIVE

Il conglomerato sarà confezionato mediante impianti fissi automatizzati in grado di realizzare miscele rispondenti a quelle di progetto e garantire la uniformità della produzione.

La temperatura degli aggregati all'atto della mescolazione dovrà essere compresa tra 170° e 180° C e quella del legante tra 170°C e 180 °C salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al tipo di bitume impiegato e allo studio di caratterizzazione del bitume fornito dall'impresa ed in particolare dello studio della viscosità del bitume al variare della temperatura.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non dovrà superare lo 0,5% in peso.

Il trasporto dovrà essere eseguito con mezzi dotati di copertura al fine di limitare il raffreddamento del conglomerato durante il trasporto e l'attesa in cantiere. Non dovranno essere utilizzati prodotti idrocarburici per la pulizia del fondo del cassone; nel caso si verificasse tale evenienza il materiale dovrà essere allontanato dal cantiere compreso quello già steso.

Prima della stesa, sul sottostante strato bituminoso e su tutti i giunti verticali, dovrà essere stesa una mano di attacco con emulsione bituminosa acida in ragione di 0.6-0.7 Kg/m². Si potrà procedere con il nuovo strato, dopo che il bitume nell'emulsione bituminosa, avrà fatto presa.

Dopo la presa del bitume, sull'emulsione dovrà essere steso una mano di filler per evitare che al successivo passaggio dei mezzi, il bitume si attacchi alle ruote.

Qualora richiesto dal progetto (o dalla D.L.) la mano di attacco dovrà essere realizzata mediante spruzzatura di emulsione bituminosa elastomerizzata, spruzzata in ragione di circa 0.8-0.9 Kg/m² (1-1.2 Kg/m² su superfici fresate o comunque a macro-rugosità grossa o molto grossa).

Il piano di posa dovrà essere continuo e regolare, senza alcuna interruzione al deflusso superficiale.

La segnaletica andrà rimossa mediante bocciardatura leggera e non con fresature che solcando il piano di appoggio, determinano un ristagno di acqua sotto il tappeto.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici in perfetto stato di efficienza, dotate di automatismi di autolivellamento.

Indicativamente la velocità di avanzamento della finitrice dovrà essere di 4-5 m/min

Le vibrofinitrici dovranno lasciare uno strato finito perfettamente sagomato, privo di sgranamenti, fessurazioni ed esente da difetti dovuti a segregazione degli elementi litoidi più grossi.

La posa in opera dei conglomerati bituminosi drenanti, dovrà essere effettuata a mezzo di macchine vibrofinitrici dotate di automatismi di autolivellamento, con una larghezza di stesa fino a m 8.

I giunti trasversali derivanti dalle interruzioni giornaliere dovranno essere realizzati sempre con taglio ed asportazione della parte terminale di azzeramento.

Il giunto iniziale della tratta stesa dovrà essere azzerato mediante la fresatura della pavimentazione esistente.

La sovrapposizione dei giunti longitudinali tra i vari strati sarà programmata e realizzata in maniera che essi risultino fra di loro sfalsati di almeno 20 cm e non cadano mai in corrispondenza delle due fasce della corsia di marcia normalmente interessata dalle ruote dei veicoli pesanti.

I giunti sia trasversali che longitudinali dovranno essere opportunamente sigillati mediante emulsione bituminosa e sabbia.

Alla stesa dovrà essere rilevata in continuo la temperatura di compattazione della miscela, che dovrà risultare sostanzialmente omogenea su tutta la larghezza della stesa.

Se la temperatura di stesa dovesse risultare inferiore a 150°C (salvo diverse disposizioni della D.L. in rapporto al bitume impiegato), non sarà possibile stendere il conglomerato che dovrà essere allontanato dal cantiere a cura e spese dell'Impresa.

La stesa dei conglomerati deve essere sospesa quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro e in ogni caso si dovrà sospendere in caso di pioggia e qualora la temperatura scenda al di sotto di 10°C

Gli strati eventualmente compromessi dovranno essere immediatamente rimossi e successivamente ricostruiti a spese dell'Impresa.

Eventuali blocchi o parti di crostoni costituiti da materiale raffreddato o comunque non uniforme, dovranno essere rigorosamente rimossi prima della compattazione.

Davanti alla finitrice non dovranno essere presenti cumuli o blocchi di materiale freddo o comunque sporco. Si dovrà evitare di pulire i cassoni davanti alla finitrice se tale materiale ha poi la possibilità di raffreddarsi; nel caso succedesse, il materiale dovrà essere asportato.

La compattazione dei conglomerati deve iniziare appena stesi dalla finitrice e condotta a termine senza interruzioni.

L'addensamento dovrà essere realizzato con rulli lisci vibranti di peso adeguato in funzione dello spessore dello strato. Nel caso di strati di elevato spessore, per garantire l'addensamento dovranno essere utilizzati anche rulli gommati di peso idoneo. Per gli strati di usura si dovranno usare rulli statici o dotati di moto oscillatorio.

Al termine della compattazione gli strati dovranno avere una densità uniforme in tutto lo spessore non inferiore alla densità raggiunta dai provini addensati con pressa giratoria al numero di giri N2 risultante dallo studio di approvazione della miscela.

La superficie degli strati deve presentarsi priva di irregolarità ed ondulazioni.

L'accettazione delle regolarità e delle altre caratteristiche superficiali del piano finito avverrà secondo quanto prescritto nei paragrafi successivi.

CONTROLLI IN CORSO D'OPERA

In fase di stesa, potranno essere effettuati i seguenti controlli, mediante prelievo di materiale all'impianto di produzione e/o direttamente in cantiere prima della messa in opera:

- granulometria e % di frantumazione degli aggregati
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico-fisiche del bitume.
- natura e percentuali litologiche dell'aggregato grosso

Le tolleranze accettate sono indicate nell'apposito paragrafo.

CONTROLLI POST STESA

I controlli effettuati successivamente alla stesa, dipenderanno dalla tipologia dello strato da controllare.

Nel caso di base e binder, i controlli potranno essere i seguenti:

- Spessore
- Resistenza a trazione indiretta
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico fisiche del bitume estratto
- indice dei vuoti

Nel caso di strato di usura:

- spessore
- resistenza a trazione indiretta
- contenuto % di bitume e caratteristiche chimico fisiche del bitume estratto
- indice dei vuoti
- aderenza e tessitura
- regolarità
- permeabilità (nel caso di tappeto drenante)

Le specifiche per la valutazione e le prestazioni richieste, sono di seguito indicate:

Spessore degli strati

Lo spessore della pavimentazione dovrà rispondere allo spessore di progetto. Esso verrà determinato su carote prelevate a questo fine. Su tali carote, prelevate casualmente dalla D.L. ed eventualmente in contraddittorio con l'Impresa, dovranno essere effettuate misure eseguite con le modalità qui di seguito descritte.

Per le carote da 100 o da 150 mm vengono effettuate 6 misure in corrispondenza degli estremi dei diametri presi ogni 60°. Dalla media M di tali misure si ricaverà il valore dello spessore della pavimentazione.

Resistenza a trazione indiretta

Dai provini ricavati dalle carote, verrà misurata la trazione indiretta secondo le norme utilizzate per la miscela di progetto. I valori di riferimento sono quelli indicati nello studio di ottimizzazione delle specifiche miscele.

Contenuto % di bitume

Sulle carote dovrà essere misurato il contenuto di bitume e sul bitume estratto dovranno essere misurati:

- Penetrazione
- Palla anello
- Viscosità a 160°C
- Ritorno elastico

Indice dei vuoti

L'indice dei vuoti dovrà essere compreso nei limiti previsti dal capitolato. Il grado di addensamento non dovrà essere inferiore a quello corrispondente al numero di giri N2 della pressa giratoria.

Aderenza e tessitura

Il Coefficiente di Aderenza Trasversale CAT verrà misurato con l'apparecchiatura SCRIM (Sideway Coefficient Routine Investigation Machine), SUMMS (Survey Machine for Macrottexture and Skid) o ERMES (Equipment for Routine evaluation of Macrottexture, Evenness and Skid resistance) che è in grado di rilevare oltre alla aderenza trasversale e la tessitura, anche la regolarità, secondo la norma CNR B.U. n147 del 14/12/92

La tessitura geometrica HS intesa come macrostruttura superficiale, verrà misurata in termine di MPD (Mean Profile Depth) ed espressa in mm con l'apparecchiatura SCRIM, SUMMS o ERMES, secondo la norma UNI EN ISO 13473-1.

Dal valore di MPD si può risalire all'ETD (Estimated Texture Depth), mediante la relazione:

$$ETD \text{ (mm)} = 0.2 + 0.8 \text{ MPD (mm)}$$

Il valore di ETD è direttamente correlato con il valore di tessitura HS determinato con il metodo volumetrico.

Gli indicatori CAT e HS dovranno essere superiori o uguali ai seguenti valori:

- Usura SMA e Drenante CAT > 58 HS > 0.8 mm

Le misure di CAT e HS dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra il 15° ed il 180° giorno dell'apertura al traffico, ad eccezione dei conglomerati bituminosi drenanti ad elevata rugosità superficiale, per i quali le misure dovranno essere effettuate tra il 60° e il 270° giorno dell'apertura al traffico, mentre le irradiazioni meccaniche di irruvidimento (pallinatura) andranno valutate entro il 60° giorno dall'intervento. Le misure di CAT e HS dovranno essere effettuate con velocità di rilievo mantenute il più possibile costante e pari a 60 +/- 5 Km/h. Le misure di CAT e HS dovranno essere restituite con un passo di misura di 10m e quindi analizzate per tratte omogenee. Prima di detta analisi i valori di CAT dovranno essere riportati alla temperatura di riferimento (20°C); l'operazione si effettuerà secondo la formula correttiva elaborata da TRRI; non sono invece previste correzioni per HS. Per tratta omogenea si intende quel tratto di pavimentazione i cui valori dell'indicatore sono statisticamente poco dispersi intorno ad un valore medio; l'analisi di calcolo sarà condotta con apposito programma. I valori medi di CAT e HS ricavati per ciascuna tratta omogenea, dovranno essere maggiori o uguali alle prescrizioni riportate. Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato CAT e HS su due lati della corsia in esame, è facoltà della DL analizzare entrambe e prendere in considerazione i valori medi di CAT e HS relativi alle tratte omogenee in condizioni peggiori. Detta misurazione valuterà comunque l'intera lunghezza dell'intervento.

Regolarità

I valori di regolarità, costituiscono il dato prestazionale superficiale insieme alla aderenza e tessitura.

La regolarità della superficie di rotolamento, può essere misurata con apparecchiature ad alto rendimento, dotato di profilometro laser tipo inerziale di classe 1 secondo ASTM E 950-98 (2004) e calcolato attraverso l'indice IRI (International Roughness Index) come definito dalla World Bank nel 1986- The International Road Roughness Experiment.

Può essere misurata con l'ERMES oppure con l'ARAN (Automatic Road Analyser). La prova viene effettuata in continuo ad una velocità di 80-100 Km/h senza che avvenga il contatto diretto con la strada.

L'ARAN oltre all'IRI è in grado di rilevare anche il profilo longitudinale, quello trasversale e altri parametri caratteristici del tracciato, come posizione di viadotti, svincoli ecc.

L'indicatore IRI, dovrà essere inferiore o uguale ai seguenti valori:

- IRI < 2.0 mm/m (su viadotti in presenza di giunti, si può ammettere valori di IRI fino a 2.5mm/m)

Le misure di regolarità dovranno essere effettuate in un periodo di tempo compreso tra la stesa e il 180° giorno dall'apertura al traffico. La velocità di rilievo, dovrà essere mantenuta quanto più possibile costante e non dovrà scendere sotto i 25 Km/h.

Le misure di IRI dovranno essere restituite con un passo di misura di 10m e quindi analizzate per tratte omogenee. I valori medi di IRI ricavati per ciascuna Tratta Omogenea dovranno risultare minori o uguali alle prescrizioni riportate. Nel caso in cui l'apparato di misura abbia rilevato l'IRI sui due lati della corsia in

esame, è facoltà della DL analizzare entrambe le serie e prendere in considerazione i valori medi di IRI relativi alle Tratte Omogenee in condizioni peggiori. Detta misurazione valuterà comunque l'intera larghezza dell'intervento.

Permeabilità

La capacità drenante eseguita in sito e misurata con permeometro a colonna d'acqua di 250 mm su un'area di 154 cm² e uno spessore di pavimentazione di cm 3.0 dovrà essere maggiore di 10 l/m.

LIMITI DI ACCETTAZIONE E PENALI

Eventuali deficienze riscontrate nelle caratteristiche dei materiali impiegati, potranno essere considerate, a giudizio della Direzione Lavori, accettabili sotto penale entro determinati limiti, ovvero non accettabili.

I materiali non accettabili sulla base dei controlli in corso d'opera, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

L'accettazione penalizzata potrà comunque essere applicata esclusivamente nei casi e nei limiti sotto specificati.

Tutte le detrazioni definite di seguito sono cumulabili.

Nel caso in cui l'ammontare complessivo delle detrazioni eguagli o superi il 50% del relativo prezzo di elenco, è facoltà dell'Amministrazione appaltante ordinare la rimozione o il rifacimento delle opere realizzate, a totale cura e spese dell'Impresa e fatta salva l'eventuale richiesta di risarcimento per danni.

Posa in opera della miscela

La messa in opera di strati ammalorati, che presentano ad esempio: anomalie di stesa o di compattazione, perdite di materiale, giunti longitudinali o trasversali di ripresa male eseguiti, aperti o sgranati, comporterà in aggiunta alla rimozione e ricostruzione a cura e spese dell'Impresa, l'applicazione di una penale pari al 5% del costo dello strato. Tale costo verrà determinato partendo dalla larghezza complessiva dello strato e dalla lunghezza della tratta messa in opera nella giornata in cui è stato steso il conglomerato che presenta compromissioni, con detrazioni proporzionale alla diffusione dei difetti.

Per la valutazione delle penali, la D.L. terrà presente le segnalazioni dell'Impresa relative ad eventi particolari, non riconducibili a responsabilità dell'impresa, che hanno condizionato la buona riuscita della specifica lavorazione (incidenti, code ecc)

Aggregati

Alla curva granulometrica delle singole percentuali, non saranno ammesse variazioni del contenuto di aggregato grosso di +/- 3 % e non saranno ammesse variazioni del contenuto di sabbia (per sabbia si intende il passante al setaccio UNI 2 mm) di +/- 2 %; per il passante al setaccio UNI 0,063 mm di +/- 1,5% Superati tali limiti l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori, se le variazioni rientrassero nei limiti dei fusi di progetto, l'accettazione del materiale con applicazione a titolo di penale di una riduzione del 2 % al prezzo unitario, della miscela di conglomerato bituminoso previsto nel prezzario, per ogni classe di aggregati errati (filler, aggregato fino e aggregato grosso).

Per le caratteristiche di resistenza meccanica degli aggregati grossi potrà essere accettata una variazione fino al 5% in più del valore di accettazione del coefficiente Los Angeles.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per impiego di materiali di categoria inferiore, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D1 = (P.E.) \times 5 \times (L.A.\% - B\%)$$

essendo:

- D1 = detrazione in €;
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- L.A.% = coefficiente Los Angeles determinato in laboratorio e i cui limiti di accettazione massimi sono 20,5% nel caso dell'usura
- B% = Valore L.A. richiesto da capitolato

I materiali che sulla base dei controlli in corso d'opera superino i limiti indicati, anche se definitivamente posti in opera, dovranno essere completamente rimossi e sostituiti con altri di caratteristiche accettabili, a totale onere dell'Impresa.

Dosaggio di Bitume

La quantità di bitume contenuta nell'impasto, risultante quale media di un insieme di determinazioni

effettuate su una singola corsia o tratta, non dovrà scostarsi più di 0,25 in più o in meno rispetto alla % ottima prevista dall'Impresa e approvata dalla Direzione Lavori.

Qualora lo scostamento sia maggiore e sino al 10%, verrà applicata a titolo di penale una riduzione sul prezzo del conglomerato bituminoso calcolato in base alla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times (B_s - B)$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- B_s = % di bitume ottimale indicato nel mix approvato dalla D.L.
- B = % di bitume riscontrata nel materiale messo in opera

L'applicazione di questa clausola non esclude quelle previste in altri articoli.

Se il dosaggio medio del bitume si scosta oltre il 10% in più o in meno rispetto alla percentuale ottima, l'Impresa dovrà procedere al rifacimento del lavoro a propria cura e spesa.

Spessore degli strati

La media per corsia e per singola tratta dei controlli effettuati dovrà dare uno spessore non inferiore al 95% del teorico.

Qualora si riscontri una percentuale inferiore, fino ad un minimo del 75%, a insindacabile giudizio della D.L. potrà essere applicata una penale al prezzo unitario.

La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 1.5 \times (100 - S \text{ sito})$$

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- 1.5 = coefficiente correttivo;
- S sito = spessore percentuale misurato in sito riferito allo spessore di progetto (%)
- 100 = percentuale corrispondente allo spessore di progetto (%)

Se lo spessore medio sopra definito risulta inferiore al 75% del teorico, l'Impresa dovrà immediatamente provvedere al rifacimento della tratta interessata.

Qualora lo spessore risulti maggiore del previsto oltre il 25%, la D.L. potrà accettare a proprio giudizio il lavoro senza corrispondere all'Impresa nessuna maggiorazione di prezzo o richiederne il rifacimento.

Addensamento (può essere applicata in alternativa all'indice dei vuoti)

L'addensamento misurato sulla carota del materiale messo in opera, non dovrà essere inferiore al 98% del mix approvato dalla D.L. ad un numero di giri N2 della pressa giratoria. E' comunque esclusiva discrezione della D.L. l'accettazione, con l'applicazione di una penale, del materiale messo in opera con un addensamento inferiore, fino ad un limite del 95% dell'addensamento di riferimento. La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 5 \times (100 - A \text{ sito})$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- A sito = percentuale di addensamento riscontrato in sito rispetto a quello del mix approvato (%)
- 100 = percentuale di addensamento di riferimento (mix approvato dalla D.L.)%

Indice dei vuoti (può essere applicata in alternativa all'addensamento)

Per quanto riguarda i vuoti residui, non potranno essere accettati valori eccedenti i limiti indicati nel CSA in corrispondenza al numero N2 della pressa giratoria.

E' comunque esclusiva discrezione della Direzione Lavori l'accettazione, con applicazione di una penale, fino ad una eccedenza del 20% della percentuale dei vuoti residui rispetto ai limiti di capitolato.

La relativa penalizzazione verrà determinata dalla seguente relazione:

$$D = (P.E.) \times 15 \times (V_v\% - V_{lim}\%)$$

essendo:

- D = detrazione in Euro
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara (€)
- V_v = volume dei vuoti misurato sulla carota (%)

- Vlim= volume limite dei vuoti indicati nel CSA in corrispondenza numero giri N2 (%)

Resistenza a trazione indiretta

Per quanto riguarda le caratteristiche di resistenza meccanica dei conglomerati, verrà presa in considerazione la resistenza a trazione indiretta ricavata dalle carote effettuate; per tali valori potrà essere accettata una variazione in meno fino al 5% dei rispettivi valori di accettazione.

Per valori eccedenti il campo di accettazione, la relativa penalizzazione consisterà nella detrazione, per minore durata della pavimentazione, che verrà determinata con la seguente relazione:

$$D2 = (P.E.) \times (C - Rt) / 0.15$$

essendo:

- D2 = detrazione in €;
- P.E. = prezzo di elenco del conglomerato bituminoso a base di gara(€)
- Rt = resistenza trazione indiretta misurata (Mpa)
- C = coefficiente che assume il valore: C = minimo valore di ITS indicato nelle specifiche del materiale in oggetto, espresso in Mpa.

Aderenza e tessitura

Le detrazioni saranno applicate per tratti omogenei, quando i valori medi di CAT e HS del tratto omogenea risultino più bassi dei valori prescritti; qualora i valori medi di CAT e HS risultano ambedue deficitari, la penalità sarà cumulata.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dei lavori del materiale coinvolto (conglomerato su cui avviene il transito); detti punti corrisponderanno alla metà dei punti percentuali per cui il CAT o l'HS differisce in diminuzione rispetto ai valori limiti prescritti (esemplificando se la differenza è del 6% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 3%).

La detrazione riguarderà l'intera larghezza dello strato più superficiale per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce, fino al raggiungimento alla soglia di inaccettabilità appresso specificata:

- Usura SMA e drenante CAT = 45 HS = 0.6

Se i valori medi di CAT e HS risultano inferiori ai valori ritenuti inaccettabili, si dovrà procedere, a completa cura e spesa dell'Appaltatore, all'asportazione completa con fresa ed al rifacimento dello strato superficiale per tutta la larghezza dell'intervento.

Regolarità

Le detrazioni saranno applicate per tratti omogenei, quando i valori medi di IRI del tratto omogeneo, risultino più alti dei valori prescritti.

La riduzione sarà applicata in punti percentuali ai prezzi di aggiudicazione dei lavori del materiale coinvolto (materiale su cui avviene il rotolamento o trattamento); detti punti corrisponderanno ad un terzo dei punti percentuali per cui l'IRI differisce in aumento rispetto ai valori limiti prescritti (esemplificando se la differenza è del 18% rispetto al valore previsto, la penale sarà del 6%).

La detrazione riguarderà l'intera larghezza dello strato più superficiale per tutto il tratto omogeneo a cui si riferisce fino al raggiungimento di un valore limite: IRI= 3 mm/m

Se il valore medio di IRI risulta maggiore di detto valore limite, la DL anche tenendo conto dell'effettiva estensione e della distribuzione di tali tratte, potrà richiedere a completa cura e spese dell'Appaltatore, l'asportazione completa con fresa dello strato di usura e suo rifacimento.

3.5.6. STRATO DI BASE

In questo strato può essere previsto l'impiego di fresato nella percentuale massima del 30%, unitamente all'uso di rigeneranti nelle quantità previste dal CSA. In caso di impiego di fresato l'impresa dovrà fornire una completa caratterizzazione del materiale che intende utilizzare (come minimo analisi granulometrica del fresato tal quale [curva nera], analisi granulometrica del fresato dopo estrazione del bitume [curva bianca], quantitativo di bitume del fresato e caratterizzazione del bitume estratto dal fresato).

L'impresa dovrà poi concordare con la Direzione Lavori un piano di controllo in cui il fresato via via impiegato verrà confrontato con la caratterizzazione fornita.

AGGREGATO GROSSO

La percentuale di inerti frantumati dovrà essere del 100%.La D.L. potrà autorizzare l'uso di inerti

provenienti dalle fresature di strati superficiali della pavimentazione autostradale oppure aggregati di altra provenienza. La perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) dovrà essere inferiore od uguale al 25% in peso (LA₂₅). L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15. La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere $\leq 2\%$ (F1). Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%.

AGGREGATO FINO

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume. La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 70 % della miscela delle sabbie. In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la sabbia, dovrà avere alla prova "Los Angeles" (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%. L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 . Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- indice di plasticità deve risultare non plastico

MISCELE

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sotto indicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
31.5	100
20	73-100
16	60-94
12.5	49-87
8	38-73
4	27-56
2	17-40
1	12-31
0.5	7-22
0.25	5-16
0.063	3-8

Bitume

Bitume 3.5-4.5% del tipo descritto nei paragrafi precedenti secondo le indicazioni del progetto.

REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	150

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di N° di giri, variabili a seconda del tipo di

bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	110	120	3-6
N3	160	190	200	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di 25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscela con bitume normale	Miscela con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.72	> 0.95

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12). Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscela con bitume normale	Miscela con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 80%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

3.5.7. STRATO DI USURA SPESSORE 3-5 CM

A seguito della presentazione di uno studio di ottimizzazione che attesta la conformità alle specifiche indicate

nel presente capitolato, la D.L. potrà autorizzare una miscela contenente fresato nella percentuale massima del 20%.

Dovrà essere utilizzata unicamente la classe granulometrica 4/12 mm e il materiale dovrà provenire dalla fresatura di analoga tipologia di usura. La granulometria del fresato dovrà essere verificata sia sul tal quale (curva del nero) che dopo estrazione del bitume (curva del bianco). La % del passante al setaccio 4 mm non dovrà differire di oltre il 5% (escluso il bitume) tra le due curve.

Aggregato Grosso

Per questo strato potranno essere impiegate graniglie ricavate dalla frantumazione delle ghiaie, con una perdita in peso alla prova Los Angeles eseguita sulle singole pezzature (UNI EN 1097-2) inferiore od uguale al 20% (LA₂₀)

La quantità del frantumato dovrà essere del 100%.

L'indice di forma SI (UNI EN 933-4) e di appiattimento FI (UNI EN 933-3) dovranno essere inferiori od uguali a 15

La resistenza al gelo disgelo (UNI EN 1367-1) dovrà essere ≤ 1% (F1).

Il coefficiente di levigabilità accelerata (UNI EN 1097-8) dovrà essere maggiore di 44 (PSV₄₄)

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

La Committente potrà autorizzare l'uso di "inerti artificiali" quali argilla espansa, scorie d'altoforno, loppe ecc. ad elevata rugosità superficiale (PSV. ≥ 45) di pezzatura 5/15 mm in percentuali comprese tra il 20% ed il 35% rispetto al peso degli inerti che compongono la miscela.

Le integrazioni sopra descritte e la scelta delle zone di impiego dovranno sempre essere autorizzate dal Committente sulla base di preventiva presentazione allo stesso da parte dell'Impresa di uno studio della miscela.

Aggregato Fino

L'aggregato fino di tutte le miscele sarà costituito da sabbie di frantumazione e da sabbie naturali di fiume.

La percentuale delle sabbie provenienti da frantumazione sarà prescritta di volta in volta dalla D.L. e comunque non dovrà essere inferiore al 90 % della miscela delle sabbie.

In ogni caso la qualità delle rocce e degli elementi litoidi di fiume da cui è ricavata per frantumazione la

sabbia, dovrà avere alla prova “Los Angeles” (UNI EN 1097-2) eseguita su granulato della stessa provenienza, la perdita in peso non superiore al 25%.

Spogliamento in acqua a 40°C (EN 12697-11): <5%

L'equivalente in sabbia determinato sulle singole pezzature (UNI EN 933-8) dovrà essere superiore od uguale a 80. Nel caso di impiego di sabbie frantumate non lavate l'equivalente in sabbia dovrà essere ≥ 55 . La somma dei trattenuti in peso delle sabbie impiegate, superiore a 2 mm, non dovrà superare nella curva granulometrica finale il 10% in peso quando le stesse sabbie provengano da rocce aventi un valore di CLA inferiore od uguale a 0,43.

ADDITIVI

Gli additivi (filler) provenienti dalla macinazione di rocce preferibilmente calcaree o costituiti da cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, dovranno soddisfare i seguenti requisiti:

- potere rigidificante: (con un rapporto filler/ bitume pari a 1,5) il ΔPA dovrà essere $\geq 5^\circ C$ (UNI EN 13179)
- vuoti Ridgen valore compreso fra 30 e 45, UNI EN 1097-4
- i passanti in peso dovranno risultare compresi nei seguenti limiti minimi:

Setaccio UNI 0,40 mm	Passante in peso per via umida 100%
Setaccio UNI 0,18 mm	Passante in peso per via umida 90%
Setaccio UNI 0,075 mm	Passante in peso per via umida 80%

- della quantità di additivo minerale passante per via umida al setaccio UNI 0,075 mm più del 60% deve passare a tale setaccio anche a secco.
- l'indice di plasticità deve risultare non plastico

Miscela

Le miscele dovranno avere una composizione granulometrica determinata in conformità con la UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2 compresa nei fusi di seguito elencati e una percentuale di bitume riferita al peso della miscela, compresa nei sottoindicati intervalli:

SETACCI	PASSANTE %
16	100
12.5	90-100
8	70-90
4	40-58
2	25-38
1	18-28
0.5	10-20
0.25	8-16
0.063	6-10

Bitume

Bitume 5% - 6,5% dei tipi descritti nei paragrafi precedenti e indicati nel progetto

REQUISITI DI ACCETTAZIONE

Le miscele devono essere ottimizzate mediante pressa giratoria secondo UNI EN 12697-31, con i seguenti parametri di prova:

Pressione verticale KPa	600 +/- 3
Angolo di rotazione	1.25 +/- 0.02
Velocità di rotazione (giri/min)	30
Diametro provino (mm)	100

La verifica della % dei vuoti, dovrà essere fatta a tre livelli di NO di giri, variabili a seconda del tipo di bitume.

Numero giri N	Bitume normale	Bitume mod. soft	Bitume mod. hard	% vuoti (UNI EN 12697-8)
N1	10	10	10	11-15
N2	100	130	140	3-6
N3	180	220	230	>2

Le miscele dello studio, compattate con il numero di giri N2, testate a trazione indiretta alla temperatura di

25°C dovranno fornire i seguenti valori:

Norma UNI EN 12697-23	Miscela con bitume normale	Miscela con bitume modifica soft e hard
ITS (Mpa)	> 0.72	> 1.2

Della stessa miscela dovrà essere valutata la sensibilità all'acqua attraverso la misura della trazione indiretta (ITSR) su provini condizionati in acqua rispetto ad analoghi provini condizionati all'aria (Norma UNI EN 12697-12. Il valore ITSR, dovrà soddisfare ai seguenti requisiti:

Norma UNI EN 12697-12	Miscela con bitume normale	Miscela con bitume modifica soft e hard
ITSR (Mpa)	ITSR/ITS > 70%	ITSR/ITS > 90%

Dall'impasto aggregati - bitume con cui è stato effettuato lo studio di ottimizzazione, dovrà essere fatta l'estrazione del bitume. Sul bitume estratto, dovranno essere misurate:

- Penetrazione con ago
- Punto di rammollimento
- Viscosità a 160°C

3.6. SEGNALETICA VERTICALE

3.6.1. RIMOZIONE DELLA SEGNALETICA ESISTENTE

I materiali provenienti dalla rimozione degli impianti segnaletici (targhe e sostegni, sia tubolari che strutture a portale o monopalo) rimangono di proprietà della Stazione Appaltante e dovranno essere consegnati in aree indicate dalla Direzione Lavori. I materiali di risulta provenienti dalla demolizione di plinti di fondazione dovranno invece essere conferiti a discarica a cura e spese della Ditta esecutrice dei lavori.

3.6.2. FONDAZIONI E POSA IN OPERA

La posa della segnaletica verticale dovrà essere eseguita installando i sostegni su apposito basamento in conglomerato cementizio avente $R_{bK} \geq 30$ N/mm². Il basamento dovrà essere opportunamente dimensionato per resistere ad un'azione del vento pari a quanto previsto dalla Circ. 156 AA.GG/STC del Ministero dei LL.PP. relativa al D.M. del 16.01.1996 e comunque non inferiore a 1500 N/mq.

I calcoli strutturali, redatti da tecnico abilitato incaricato dall'Impresa, dovranno essere consegnati in duplice copia alla Direzione Lavori, prima dell'inizio dei lavori. L'Impresa dovrà curare in modo particolare la sigillatura dei montanti nei rispettivi basamenti prendendo tutte le opportune precauzioni atte ad evitare collegamenti non allineati e montanti non perfettamente a piombo. I segnali dovranno essere installati in modo tale da essere situati alla giusta distanza o posizione agli effetti della visibilità e dei regolamenti vigenti. Il giudizio sulla esattezza di tale posizione è riservato in modo insindacabile alla Direzione Lavori e saranno ad esclusivo carico e spese dell'Impresa ogni operazione e fornitura relativa allo spostamento dei segnali giudicati non correttamente posati. Nei prezzi relativi alla realizzazione delle fondazioni sono compresi lo scavo, la sistemazione del tappeto erboso, la sistemazione del terreno nella zona circostante ed eventualmente il trasporto ed il conferimento in discarica del materiale di risulta. L'Impresa dovrà evitare di installare cartelli su proprietà di terzi senza relativa autorizzazione scritta, in caso contrario, sarà la sola ed unica responsabile di fronte ad eventuali richieste di danni.

3.6.3. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI SOSTEGNI

Sostegni a portale o a monopalo

Il tipo di sostegno e le dimensioni dovranno essere approvati preventivamente dalla Direzione Lavori a seguito della presentazione di progetti esecutivi, redatti da Tecnico abilitato, a cura e spese dell'Impresa, fermo restando la responsabilità dell'Impresa in merito alla resistenza degli impianti.

L'altezza minima tra il limite inferiore dei cartelli montati su portale ed il piano stradale sarà di ml. 5,50. I sostegni di segnali dovranno essere dimensionati per resistere ad un'azione del vento pari a quanto

previsto dalla Circ. 156 AA.GG/STC del Ministero dei LL.PP. relativa al D.M. del 16.01.1996 e comunque non inferiore a 1500 N/mq.

L'Appaltatore rimarrà unico e solo responsabile della stabilità dei segnali, sollevando da tale responsabilità sia l'Ente appaltante che i suoi funzionari da danni che potrebbero derivare a cose o a persone.

I sostegni a portale dovranno essere costruiti in lega di alluminio o in acciaio tipo 1 ed interamente zincati a caldo (secondo le modalità previste dalle norme contenute nel successivo paragrafo "Norme di riferimento") non verniciati.

La struttura dei ritto dovrà essere realizzata mediante composizione di elementi a sezione rettangolare dilatata nella direzione della sollecitazione massima in modo adeguato ad ogni quota.

Tali tubolari, ottenuti da lamina opportunamente piegata secondo una sezione sostanzialmente a "C", dovranno consentire di ottenere, dopo accoppiamento e saldatura longitudinale dei due elementi, un profilato chiuso. La sezione potrà essere quadra, rettangolare costante o rettangolare a sezione variabile. L'altezza del ritto dovrà essere tale da consentire l'installazione di targhe da un'altezza minima di m. 5,50 dal bordo inferiore al piano viabile.

La traversa dei portali, dovrà essere a sezione quadra o rettangolare con montanti leggeri per il fissaggio delle targhe alla traversa stessa.

L'ancoraggio dei montanti al blocco di fondazione dovrà avvenire mediante contropiastra idoneamente imbullonata alla piastra di base ed ai tirafondi.

Sostegni tubolari a palo

I sostegni per i segnali verticali (esclusi i portali), saranno in acciaio tubolare del diametro di mm. 48, 60 e 90 mm., aventi rispettivamente spessore 2,6 mm. 3,2 mm. e 4,0 mm. e previo decapaggio del grezzo dovranno essere zincati a caldo secondo le modalità di cui al successivo paragrafo "Norme di riferimento" e non verniciati.

I pali di sostegno e controvento saranno chiusi alla sommità con tappo in plastica ed avranno un foro alla base per il fissaggio del tondino di ancoraggio.

I sostegni saranno completi di tutte le staffe in acciaio zincato a caldo e bulloneria zincata per il fissaggio dei segnali. I sostegni, a norma dell'art. 82 comma 2 del D.P.R. 495 del 16.12.92 e s.m., dovranno avere un dispositivo antirotazione del cartello rispetto al palo.

3.6.4. FORME E DIMENSIONI DEI SEGNALI

Tutti i segnali devono essere rigorosamente conformi ai tipi, dimensioni, misure prescritti dal Regolamento di Esecuzione del Codice della Strada approvato con D.P.R. del 16.12.1992 n. 495 e s.m..

3.6.5. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI SEGNALI

Supporto metallico

Se la superficie della faccia anteriore del cartello è uguale o superiore a mq. 2.00, il supporto metallico dei cartelli dovrà essere in lamiera di alluminio tipo P-AL 99,5 - UNI 9001/2, dello spessore 30/10 mm.; per i cartelli con superficie inferiore a mq. 2.00 la lamiera di alluminio potrà avere, ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, lo spessore di 25/10 mm.. Qualora i cartelli siano formati da più pannelli, questi dovranno risultare il più possibile di numero ridotto, compatibilmente con le dimensioni minime delle lamiere reperibili sul mercato.

Tali lamiere dopo aver subito le necessarie lavorazioni meccaniche e rese scabre in superficie mediante vibratrice elettrica, dovranno essere sottoposte ai seguenti trattamenti di preverniciatura:

sgrassatura, lavaggio, applicazione ad immersione di una mano di vernice di fondo spessore 25-35 micron, carteggiatura meccanica a secco con tela abrasiva a grana fine.

Trattamenti sostitutivi potranno essere eseguiti dopo preventivo esame e conseguente autorizzazione della Direzione Lavori.

Rinforzo perimetrale del cartello

Sarà ottenuto mediante piegatura a scatola dei bordi del cartello che non dovranno essere inferiore a cm. 1,00.

Rinforzo sul retro del pannello

Il rinforzo sul retro del cartello è costituito da traverse orizzontali o verticali in alluminio dello spessore di 30/10 mm, saldate elettricamente, per punti, al cartello.

Dette traverse potranno essere:

- di lamiera dello spessore uguale a quello del cartello, piegate ad omega, con lo sviluppo in sezione trasversale di cm. 15 che si ridurrà a cm. 9 qualora la misura del segnale, presa normalmente alle traverse sia inferiore a cm. 50, esclusi quei cartelli ove sono previste le traverse di irrigidimento in ferro;
- ricavata per estrusione, da non impiegare però nei cartelli che necessitano di traverse di irrigidimento in ferro.

La distanza in asse fra due traverse a quella dal bordo del cartello, non dovrà superare rispettivamente cm. 50 e cm. 25. Comunque i cartelli dovranno avere non meno di due traverse, esclusi quei casi che verranno esaminati di volta in volta. Per le frecce la lunghezza delle traverse sarà pari alla lunghezza della freccia stessa meno 7 cm. da un lato e meno l'altezza della testa della freccia più 7 cm. dall'altro lato.

Saldatura elettrica per punti

La saldatura dovrà essere effettuata con puntatrice elettrica (la distanza massima fra due punti sarà di cm. 15 in modo da non creare sbavature o altra disuguaglianza sulla superficie del cartello.

Attacchi

Le traverse di rinforzo sul retro del cartello dovranno portare i relativi attacchi speciali completi di morsetti, staffe o cravatte, bulloni con testa a galletto, rondelle e quanto necessita per l'adattamento ed il fissaggio ai sostegni ed alle intelaiature di sostegno, tali da non richiedere alcuna foratura del cartello e degli accessori. Tutti i materiali ferrosi dovranno essere zincati a caldo. Nel caso di installazione dei due cartelli a facce opposte ad una stessa altezza sugli stessi sostegni, dovranno essere adottate staffe doppie. Gli attacchi e le traverse di cui al precedente paragrafo "Rinforzo sul retro del pannello" dovranno essere preventivamente approvati dalla Direzione Lavori.

Verniciatura sul retro e dei bordi a scatola del cartello

Sul retro dei segnali dovrà essere indicato quanto previsto all'art. 77, comma 7 del D.P.R. 16.12.1992 n. 495 e successive modificazioni.

Traverse ed intelaiature

Dov'è necessario, sono prescritte per i segnali di grandi dimensioni, traverse in ferro ad U da mm. 50x25 con spessore minimo di mm. 5 o traverse in ferro ad omega aperto da mm. 50x25x18 con spessore minimo di mm. 4 per il collegamento tra i vari pannelli che compongono il cartello.

Dette traverse, della lunghezza prescritta al paragrafo "Rinforzo sul retro del pannello", dovranno essere complete di staffe con attacco a morsetto per il collegamento alle traverse in alluminio nella quantità necessaria secondo disegni e "particolari costruttivi" che dovranno essere preventivamente approvati dalla D.L.. Potranno essere considerate altri tipi di traverse di irrigidimento purché sottoposti alla preventiva autorizzazione della D.L..

Sia le traverse in ferro che i vari attacchi dovranno essere zincati a caldo per immersione.

Congiunzione dei pannelli costituenti i cartelli di grandi dimensioni

Tali congiunzioni si dovranno ottenere con l'apposizione, lungo i lembi contigui dei pannelli, di angolare in anticorodal da mm. 30x20, spessore mm. 3 sia in senso orizzontale che verticale, saldato come descritto al paragrafo "Saldatura elettrica per punti". Tale angolare dovrà essere opportunamente forato e munito di un numero di bulloncini di acciaio inossidabile da 1/4" sufficiente ad ottenere il perfetto accostamento dei lembi dei pannelli (il tutto dovrà risultare nei disegni, con "particolari costruttivi" che la ditta dovrà sottoporre all'approvazione preventiva della Direzione Lavori).

Faccia anteriore del cartello

Fondi, lettere, simboli e bordini di contorno dovranno essere eseguiti secondo quanto prescritto per ogni segnale e secondo la disposizione della Direzione Lavori:

- con pellicola non retro riflettente
- con pellicola retro riflettente ad alta intensità luminosa
- con procedimento serigrafico.

Per i dischi ed i triangoli è da applicare pellicola a pezzo unico.

3.6.6. PELLICOLE RETTORIFLETTENTI E LORO CARATTERISTICHE

Finitura

Sulla faccia a vista dei supporti metallici, saranno applicate pellicole che dovranno rispondere alle caratteristiche colorimetriche, fotometriche, tecnologiche di durata minime, previste dal Disciplinare Tecnico approvato dal Min. LL. PP. con decreto del 31.03.1995 e s.m..

Dette pellicole dovranno risultare prodotte da aziende in possesso di un sistema di qualità conforme alle norme europee della serie UNI EN 9000.

Sui triangoli ed i dischi della segnaletica di pericolo, divieto ed obbligo, la pellicola retroriflettente dovrà costituire un rivestimento senza soluzione di continuità di tutta la faccia utile del cartello, nome convenzionale "a pezzo unico", intendendo definire con questa denominazione un pezzo intero di pellicola, sagomato secondo la forma del segnale, stampato mediante metodo serigrafico con speciali paste trasparenti per parti colorate e nere opache per i simboli.

La stampa dovrà essere effettuata con i prodotti ed i metodi prescritti dal fabbricante delle pellicole retroriflettenti e dovrà mantenere inalterate le proprie caratteristiche per un periodo di tempo pari a quello garantito per la durata della pellicola retroriflettente.

Potranno essere accettati simboli con pellicola plastica opaca di colore nero purchè questa abbia le stesse caratteristiche di durata garantite dalla pellicola retroriflettente sulla quale viene applicata .

Pellicole retroriflettenti ad alta intensità luminosa

Le pellicole retroriflettenti ad alta intensità luminosa devono essere costituite da un film in materiale plastico acrilico, trasparente tenace, resistente agli agenti atmosferici a superficie esterna perfettamente liscia.

Le proprietà di retroriflettenza devono derivare da un sistema ottico sottostante al film acrilico e costituito da uno strato uniforme di microsferiche di vetro perfettamente rotonde ed ad elevatissimo indice di rifrazione, incapsulato per mezzo di una opportuna resina sintetica.

Pellicola catadiottrica a micropismi ad elevata rifrangenza grandangolare.

Il sistema di costruzione di suddetta pellicola è quello mono-componente del micropisma triedro trirettangolo distribuito in elevatissimo numero per centimetro quadrato.

La conformazione dei micropismi triedrici deve essere tale da mantenere ottime risposte fotometriche ad angoli di illuminazione molto elevati (grandangolarità).

Il coefficiente areico di intensità luminosa non deve essere inferiore, per i colori bianco e rosso e per i vari angoli di divergenza e di illuminazione, ai valori indicati nella tabella di cui all'art. 359 commi 1 e 2 del succitato DPR 495 del 16.12.92 e s.m..

Per i colori ottenuti per stampa serigrafica sul colore bianco di base, il coefficiente areico di intensità luminosa non deve essere inferiore al 70% dei valori minimi validi per i colori originali riportati nella tabella 1 del succitato art. 359.

Pellicola retroriflettente fluorescente

Per la segnaletica di cantiere su richiesta della D.L. dovranno essere utilizzate pellicole gialle il cui sistema ottico di risposta luminosa è quello mono-componente del micropisma triedro trirettangolo distribuito in elevatissimo numero per centimetro quadrato.

La conformazione dei micropismi triedrici deve essere tale da mantenere ottime risposte fotometriche ad angoli di illuminazione molto elevati (grandangolarità) Le caratteristiche di detta pellicola che deve essere sia retroriflettente che fluorescente, per quanto riguarda i valori tricromatici del giallo, devono essere quelle previste dal disciplinare tecnico pubblicato con D.M. 31.03.95 e s.m., fatta eccezione per il fattore di luminanza che dovrà essere superiore a : $Y \geq 0,50$

Sistema anticondensa

Tale sistema retroriflettente ad elevata efficienza luminosa dovrà essere munito di certificazione di conformità alla Classe 2 secondo quanto previsto al capitolo, art. 2.2 del Disciplinare Tecnico pubblicato con D.M. 31.03.1995 e s.m.. Dovrà inoltre essere dotato di caratteristiche anticondensa tali da evitare la formazione di condensa sul segnale stesso durante le ore notturne in cui essa si viene a formare.

Detta caratteristica è definita da un angolo di contatto delle gocce d'acqua, sul segnale stesso non superiore a 25° (venticinque gradi).

La misurazione si intende effettuata con strumenti per misura delle tensioni superficiali "Krus" con acqua distillata ed alla temperatura di 22° C.

Il sistema anticondensa deve rispondere alle seguenti caratteristiche fotometriche minime:

Angolo di osservazione	Angolo di incidenza	Bianco	Giallo	Rosso	Verde	blu
0,33°	5°	300	250	75	35	15
1,0°	5°	80	65	20	10	4
1,5°	5°	20	16	5	2,5	1
0,33°	30°	150	130	35	18	7
1,0°	30°	50	40	13	5	2,5
1,5°	30°	10	8	2,5	1	0,5
0,33°	40°	30	25	7	4	2
1,0°	40°	15	13	5	2	1
1,5°	40°	5	4,5	1,5	0,5	0,25

Tali caratteristiche dovranno essere attestate all'interno di uno specifico rapporto di prova rilasciato da istituto di misura riconosciuto ed in possesso delle apparecchiature di prova specifiche di cui sopra.

La Direzione Lavori potrà disporre ulteriori misurazioni di controllo, su campioni da scegliersi all'interno della fornitura in oggetto, a spese della Ditta aggiudicataria, da effettuarsi presso Laboratori riconosciuti scelti insindacabilmente dalla Direzione Lavori stessa.