

COMUNE DI TERRE DEL RENO - PROVINCIA DI FERRARA - 44047 LOC. SANT'AGOSTINO - V. D.
ALIGNIERI N° 2
Codice Fiscale / Partita Iva: 01988940381
PEC : comune.terredelreno@pec.it
Tel. 0532/844411

SETTORE V° LAVORI PUBBLICI - RETI - PATRIMONIO

 COMUNE DI TERRE DEL RENO MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL PATRIMONIO STRADALE COMUNALE - ANNO 2025 - <i>RdO nr. 5326193</i>						OGGETTO
PROGETTO ESECUTIVO						PROGETTO
<i>PE-GEN-RE-02-00</i> CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO NORME TECNICHE						ELABORATO
 PAVENCO PAVEMENT ENGINEERING CONSULTING SRL Sede legale e operativa: Via F.L. Ferrari 31/D - 44122 Ferrara Ing. Fabio Picariello 						PROGETTISTA
RESPONSABILE DEL V° SETTORE <i>Lavori pubblici, reti e patrimonio</i> Ing. Agnese Malagoli						R.U.P.
						REV./DATA
0	Sett. 2025	Prima emissione	Barin	Picariello	Malagoli	
N° Rev.	Data Rev.	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato	

SOMMARIO

1	CRITERI AMBIENTALI MINIMI.....	4
1.1	Prestazioni ambientali del cantiere	4
1.2	Demolizione selettiva, recupero e riciclo	5
1.3	Modalità di gestione dell'impianto produttivo di conglomerato bituminoso	5
2	QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI	6
2.1	Condizioni generali d'accettazione - prove di controllo	6
2.2	Caratteristiche dei materiali.....	6
2.3	Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione	8
3.	SCAVI E RINTERRI	10
3.1	OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE	10
3.2	SCAVI IN GENERE	10
3.3	SCAVI DI SBANCAMENTO	11
3.4	SCAVI DI FONDAZIONE O IN TRINCEA.....	11
3.5	MATERIALI DI RISULTA DEGLI SCAVI	12
3.6	RILEVATI E RINTERRI	12
4	FONDAZIONE STRADALE IN MATERIALE NON LEGATO	14
4.1	Fondazione in misto granulare non legato.....	14
4.1.1	Caratteristiche dei materiali da impiegare.....	14
4.1.2	Caratteristiche della miscela	14
4.1.3	Studio della miscela	15
4.1.4	Modalità esecutive	15
4.1.5	Norme di controllo delle lavorazioni	16
4.2	Demolizione degli strati di fondazione	16
5	CONGLOMERATI BITUMINOSI.....	17
5.1	Demolizione pavimentazione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese.....	17
5.2	Materiali inerti	18
5.2.1	Aggregati	18
5.3	Bitumi	20
5.3.1	Bitume tal quale.....	20
5.4	Prodotti di integrazione.....	21
5.5	Confezionamento delle miscele.....	22
5.6	Temperature di produzione	23
5.7	Conglomerati bituminosi prodotti a tiepido (Warm Mix Asphalt)	24
5.8	Procedura di studio delle miscele con pressa giratoria	24

5.9	Conglomerati bituminosi con bitume tal quale	27
5.9.1	Conglomerato bituminoso per strato di binder con bitume tal quale	27
5.9.2	Conglomerato bituminoso per strati di usura con bitume tal quale	32
6	CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE E PENALI	38
6.1	Controllo dei requisiti di accettazione delle pavimentazioni	38
6.1.1	Studi preliminari di formulazione del conglomerato bituminoso	38
6.1.2	Penali e sanzioni	41
6.1.3	Controllo dei requisiti prestazionali delle pavimentazioni	44
7	GEOMEMBRANA BITUMINOSA TERMOADESIVA ANTIPUMPING.....	46
7.1	Descrizione e campo d'impiego	46
7.2	Caratteristiche meccaniche.....	46
7.3	Modalità di applicazione	47
8	SEGNALETICA ORIZZONTALE STRADALE.....	48
8.1	Normativa di riferimento.....	48
8.2	Prescrizioni generali.....	48
8.3	Qualità e provenienza dei materiali.....	49
8.4	Accertamenti preliminari durante il corso e a termine dei lavori	49
8.5	Materiali per la segnaletica orizzontale.....	50
8.6	Prove ed accertamenti per la tracciabilità dei materiali.....	50
8.7	Caratteristiche del materiale	51
8.8	Prestazioni della segnaletica orizzontale	51
8.9	Requisiti	52
9	Segnaletica verticale stradale	55
9.1	Normativa di riferimento	55
9.2	Generalità	55
9.3	Parti metalliche dei segnali	55
9.4	Rinforzo sul retro	55
9.5	Finitura dei segnali.....	56
9.6	Caratteristiche costruttive dei sostegni	56
9.7	Sostegni a palo.....	56
9.8	Fondazione per sostegni a palo	57
9.9	Certificazioni e prove	57
9.10	Vita funzionale	57
10	CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI	58
10.1	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	58
10.2	CRITERI DI ACCETTAZIONE DELLE MISCELE	58

10.3	CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI COSTITUENTI LE MISCELE.....	61
10.4	CRITERI DI ACCETTAZIONE PER LA CONFEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	68
10.5	QUALIFICA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI	69
10.6	QUALIFICA DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI AD USO STRUTTURALE.....	72
10.7	CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SULLE MISCELE.....	75
10.8	CONTROLLI SUGLI ELEMENTI PREFABBRICATI	79
10.9	MODALITÀ DI ESECUZIONE	81
10.10	TOLLERANZE DI ESECUZIONE E NON CONFORMITÀ.....	91
11	ACCIAIO PER C.A.	93
11.1	GENERALITA'	93
11.2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	93
11.3	CRITERI DI ACCETTAZIONE PER LA PRODUZIONE, QUALIFICA E TRASFORMAZIONE DEGLI ACCIAI	94
10.4	CRITERI DI ACCETTAZIONE DEGLI ACCIAI PER C.A.	96
10.5	CONTROLLI DEI DOCUMENTI DI ACCOMPAGNO DELLE FORNITURE ALL'ARRIVO IN CANTIERE	98
10.6	PROVE E PRELIEVI IN CANTIERE PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ACCIAI - CONDIZIONI GENERALI	99
11	VERIFICHE DELLE CLAUSOLE CONTRATTUALI PER LE GARE DI LAVORI DI INFRASTRUTTURE STRADALI (CAP 3.1 DEL CAM).....	101
11.1	Modalità di gestione dell'impianto produttivo di conglomerato bituminoso (3.1.2)	101
11.2	Personale di cantiere (3.1.4)	101
11.3	Macchine operatrici (3.1.5)	101
11.4	Grassi ed oli lubrificanti per i veicoli utilizzati durante i lavori (3.1.6)	101
11.5	Grassi ed oli biodegradabili	103
11.6	Grassi ed oli lubrificanti minerali a base rigenerata	107
11.7	Requisiti degli imballaggi in plastica degli oli lubrificanti.....	107

1 CRITERI AMBIENTALI MINIMI

Il presente capitolato speciale, in base a quanto previsto dall'art 57 del D.Lgs 36/2023, contiene norme e prescrizioni tecniche che recepiscono i *Criteri Ambientali Minimi* (di seguito richiamati come 'CAM') per l'affidamento del servizio di progettazione, ed esecuzione dei lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali del D.M. n. 279 del 5 agosto 2024, pubblicati in G.U. Serie Generale n. 197 del 23-8-2024.

L'utilizzazione dei CAM consente alla Stazione Appaltante di ridurre gli impatti ambientali generati dai lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento funzionale delle infrastrutture stradali e delle relative opere di pertinenza.

La scelta dei criteri contenuti nel documento si basa sui principi e i modelli di sviluppo dell'economia circolare, in sintonia con i più recenti atti di indirizzo comunitari.

I criteri e le specifiche definiti in questo documento valgono per i lavori di costruzione, manutenzione e adeguamento delle infrastrutture stradali e delle opere di pertinenza stradale, quali piazze, marciapiedi e i parcheggi ad esse connesse, e si prefiggono di garantire la qualità dei materiali e la buona regola dell'arte delle lavorazioni e, al contempo, di ridurre gli impatti ambientali delle opere raggiungendo la loro sostenibilità in un'ottica di economia circolare.

Nei principali obiettivi per la Stazione Appaltante derivanti dell'applicazione dei CAM vi sono, tra gli altri:

- l'aggiornamento delle infrastrutture con maggiore efficienza delle risorse da utilizzare e una maggiore adozione di tecnologie pulite e rispettose dell'ambiente e dei processi industriali;
- il raggiungimento di una gestione sostenibile e di un uso efficiente delle risorse naturali;
- l'ottenimento di una gestione ecocompatibile di sostanze chimiche e di tutti i rifiuti in tutto il loro ciclo di vita e la riduzione significativa del loro rilascio in aria, acqua e suolo, al fine di minimizzare i loro effetti negativi sulla salute umana e l'ambiente;
- la riduzione in modo sostanziale della produzione di rifiuti attraverso la prevenzione, la riduzione, il riciclaggio e il riutilizzo.

1.1 Prestazioni ambientali del cantiere

Nella gestione del cantiere devono essere intraprese le seguenti azioni generali:

- individuazione delle possibili criticità legate all'impatto nell'area di cantiere e alle emissioni di inquinanti sull'ambiente circostante, e delle misure previste per la loro eliminazione o riduzione;
- definizione delle misure adottate per aumentare l'efficienza nell'uso dell'energia nel cantiere e per minimizzare le emissioni di inquinanti, con particolare riferimento all'uso di tecnologie a basso impatto ambientale;
- definizione delle misure per l'abbattimento delle emissioni gassose inquinanti con riferimento alle attività di lavoro delle macchine operatrici e attrezzatura da cantiere;
- definizione delle misure per l'abbattimento delle polveri e fumi;
- definizione delle misure per garantire la protezione del suolo e del sottosuolo, impedendo la contaminazione locale o diffusa, anche attraverso la verifica continua degli sversamenti accidentali di sostanze e materiali inquinanti;
- misure per implementare la raccolta differenziata nel cantiere (imballaggi, rifiuti pericolosi e speciali etc.) individuando le aree da adibire a deposito temporaneo, gli spazi opportunamente attrezzati (con idonei cassonetti/contenitori carrellabili opportunamente etichettati per la raccolta differenziata etc.).

I motori termici delle macchine operatrici dovranno essere di fase IV (a decorrere dal 1/1/2025), e di fase V (a decorrere dal 1/1/2028). Le fasi dei motori per macchine mobili non stradali sono definite dal Regolamento UE 1268/2016

modificato dal Regolamento UE 2020/1040.

1.2 Demolizione selettiva, recupero e riciclo

La rimozione dei materiali viene eseguita in modo da consentire il loro recupero attraverso operazioni di riutilizzo, riciclaggio o recupero, secondo la gerarchia nel trattamento dei rifiuti di cui all'art. 179 del D. lgs. 152/2006.

Si possono individuare diverse categorie di materiali generati da una corretta demolizione selettiva:

- Materiali che sono avviati a operazioni di preparazione per il riutilizzo, impiegati nello stesso cantiere oppure, ove non fosse possibile, impiegati in altri cantieri;
- Frazioni monomateriali (codici CER 170101, 170102, 170302, 170402, 170405, 170504) che sono avviate a impianti di recupero;
- Le frazioni miste di inerti e rifiuti (codice CER 170107 e 170904) derivanti dalle demolizioni di opere per le quali non è possibile lo smontaggio e la demolizione selettiva, che sono avviati ad impianti per la produzione di aggregati riciclati.

Le attività di preparazione e conduzione del cantiere devono prevedere, tra altre attività, anche misure per realizzare la demolizione selettiva individuando gli spazi per la raccolta dei materiali da avviare a preparazione per il riutilizzo, recupero e riciclo.

Le frazioni di rifiuti inerti (codice CER 170107 e 170904) derivanti dalle demolizioni di opere per le quali non è possibile lo smontaggio e la demolizione selettiva, sono avviati ad impianti per la produzione di aggregati riciclati; in ogni caso, l'Appaltatore è tenuto ad adottare tutte le misure per avviare il maggior quantitativo di materiali non pericolosi a riciclo e ad altre operazioni di recupero.

1.3 Modalità di gestione dell'impianto produttivo di conglomerato bituminoso

L'Appaltatore deve approvvigionarsi in impianti per la produzione di conglomerato bituminoso adattati alla lavorazione del granulato d'asfalto (fresato). L'impianto di produzione del conglomerato bituminoso deve essere attrezzato per una corretta gestione delle materie prime e per la riduzione degli impatti ambientali. In particolare, gli impianti devono essere attrezzati con linee e dispositivi atti all'introduzione del granulato adeguati alla percentuale di recupero prevista in progetto, preferibilmente con linee a caldo ma sono ammesse anche linee a freddo qualora vi sia un pedissequo controllo della tipologia e umidità del materiale in ingresso. Gli impianti di approvvigionamento devono essere predisposti:

- allo stoccaggio delle sabbie e del conglomerato bituminoso di recupero possibilmente sotto una tettoia o in un capannone ventilato, per ridurre i consumi energetici necessari per eliminare l'umidità contenuta nel materiale e ridurre le emissioni odorigene;
- alla gestione dei granulati di conglomerato bituminoso di recupero e loro immissione nell'impianto;
- all'utilizzo di gas metano, o gas metano liquido, o alla produzione di energia da pannelli fotovoltaici per alimentazione macchinari o illuminazione;
- alla gestione dei fumi e delle polveri;
- alla gestione delle emissioni odorigene.

2 QUALITÀ E PROVENIENZA DEI MATERIALI

2.1 Condizioni generali d'accettazione - prove di controllo

I materiali da impiegare per i lavori di cui all'appalto devono corrispondere, come caratteristiche, a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia. In mancanza di particolari prescrizioni devono essere delle migliori qualità esistenti in commercio.

In ogni caso i materiali prima della posa in opera, devono essere riconosciuti idonei ed accettati dalla Direzione dei Lavori. I materiali devono provenire da località o siti di produzione che l'Impresa riterrà di sua convenienza, purché rispondano ai requisiti di cui sopra.

Quando la Direzione dei Lavori abbia rifiutata una qualsiasi provvista come non idonea all'impiego, l'Impresa deve sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute; i materiali rifiutati devono essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

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

L'Impresa è obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare, sottostando a tutte le spese per il prelievo, la formazione e l'invio di campioni agli istituti di fiducia ed indicati dalla Società appaltante, nonché per le corrispondenti prove di esami.

I campioni vengono prelevati in contraddittorio. Degli stessi può essere ordinata la conservazione nei locali indicati dalla Direzione dei Lavori, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa e nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione.

Le diverse prove ed esami sui campioni vengono effettuate presso laboratori indicati dalla Direzione dei Lavori, i quali sono i soli riconosciuti validi dalle due parti e ad essi esclusivamente si farà riferimento a tutti gli effetti del presente appalto.

2.2 Caratteristiche dei materiali

La scelta di un tipo di materiale nei confronti di un altro o tra i diversi tipi dello stesso materiale, è fatta, volta per volta, in base al giudizio della Direzione dei Lavori, la quale, per i materiali da acquistare si assicurerà che provengano da produttori di provata capacità dotati di certificazioni di qualità e ambientali. In termini generali in conformità ai CAM, il ricorso a materiali naturali vergini deve essere una scelta residuale riservata solo a quelle applicazioni per le quali l'Appaltatore dimostri l'impossibilità tecnica di utilizzare materiali derivanti da operazioni di recupero o riciclo e sottoprodotti.

a) Acqua

Deve essere dolce, limpida, per quanto possibile esente da tracce di cloruri o solfati, non inquinata da materie organiche, o comunque dannose all'uso cui l'acqua medesima è destinata e rispondere ai requisiti stabiliti della norma UNI EN 1008.

b) Leganti idraulici e aerei

Il legante idraulico è quel legante che fa presa e indurisce per reazione idraulica e può essere costituito, a titolo indicativo, da cemento, calce, scorie d'altoforno granulate, ceneri volanti.

Il legante aereo è quel legante che indurisce all'aria e può essere costituito, a titolo indicativo, da cemento magnesiaco, calce, gesso.

Devono corrispondere alle prescrizioni delle norme:

- UNI EN 197-1 "Cemento - Parte 1: Composizione, specifiche e criteri di conformità per cementi comuni";
- UNI EN 459-1 "Calci da costruzione - Parte 1: Definizioni, specifiche e criteri di conformità".

c) Aggregati per la costruzione del corpo stradale

La scelta della tipologia di aggregati più appropriata deve essere di volta in volta effettuata dal progettista, dall'Appaltatore, dal Direttore dei Lavori, tenendo conto della disponibilità di mercato, delle caratteristiche prestazionali da conseguire con la miscela finale, delle proprietà chimiche e tossicologiche corrispondenti (ove ne sia richiesto il controllo), in un'ottica di economia circolare e di sostenibilità. Gli aggregati, oltre ad essere in possesso di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, come previsto dal Nuovo Regolamento Prodotti da costruzione 3110/2024 che recepisce il P9_TA(2024)0188. Gli impianti di produzione devono essere dotati di un "Controllo di produzione" (FPC – Factory Production Control), ed autorizzati dalla legislazione vigente, nel caso di impianti di trattamento che utilizzano rifiuti per la produzione di aggregati artificiali e/o riciclati.

Gli aggregati possono essere naturali, artificiali o riciclati e devono soddisfare i requisiti stabiliti dalla Norma UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade" oltre a essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

d) Aggregati per l'uso nelle pavimentazioni stradali

La scelta della tipologia di inerti più appropriata deve essere di volta in volta effettuata dal progettista, dall'Appaltatore, dal Direttore dei Lavori, tenendo conto della disponibilità di mercato, delle caratteristiche prestazionali da conseguire con la miscela finale, delle proprietà chimiche e tossicologiche corrispondenti (ove ne sia richiesto il controllo), in un'ottica di economia circolare e di sostenibilità. Gli aggregati, oltre ad essere in possesso di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, come previsto dal Nuovo Regolamento Prodotti da costruzione 3110/2024 che recepisce il P9_TA(2024)0188. Gli impianti di produzione devono essere dotati di un "Controllo di produzione" (FPC – Factory Production Control), ed autorizzati dalla legislazione vigente nel caso di impianti di trattamento che utilizzano rifiuti per la produzione di aggregati artificiali e/o riciclati.

Gli aggregati possono essere naturali, artificiali o riciclati e devono soddisfare i requisiti stabiliti dalla Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico" oltre a essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme di esecuzione dei lavori.

e) Bitumi, emulsioni bituminose

Devono essere rispondenti alle specifiche riportate nelle rispettive norme per l'esecuzione dei lavori e soddisfare i requisiti stabiliti rispettivamente dalle norme tecniche europee:

- UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali",
- UNI EN 14023 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche riguardanti i bitumi modificati con polimeri"
- UNI EN 13808 "Bitumi e leganti bituminosi - Quadro delle specifiche per le emulsioni cationiche bituminose"

f) Conglomerati bituminosi

I conglomerati bituminosi per essere ritenuti idonei e quindi impiegabili, devono essere dotati obbligatoriamente di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP .

Il Fornitore può scegliere gli approcci più appropriati per caratterizzare la miscela benchè la Stazione Appaltante auspichi la scelta dell'approccio fondamentale. Nel caso di approccio empirico i requisiti minimi che devono essere dichiarati nelle rispettive DOP di riferimento sono:

1. Temperatura della miscela alla produzione e alla consegna (valori di soglia)
2. Contenuto minimo di legante (categoria e valore reale)
3. Composizione granulometrica (valore %)
4. Contenuto dei vuoti a 10 giri
5. Contenuto dei vuoti

Tutte queste grandezze devono rientrare nei parametri indicati nel presente Capitolato (oltre alle altre non facenti parte della Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP ma contenute nelle presenti Norme Tecniche).

Non si prevedono limitazioni all'impiego di materiale riciclato nella miscela bituminosa purché vengano rispettati i requisiti fisico-prestazionali riportati nel presente capitolato. Al fine di dimostrare la qualità delle miscele bituminose, nel presente capitolato si farà riferimento a requisiti fisici e meccanici sia di tipo tradizionale ma anche di tipo prestazionale che devono essere obbligatoriamente verificati in fase di studio di laboratorio.

g) Geocompositi

I geocompositi devono essere dotati obbligatoriamente DI Dichiarazione di prestazione DoP e Marcatura CE secondo la norma EN 15381 - *Geotextiles and geotextile-related products - Characteristics required for use in pavements and asphalt overlays*.

2.3 Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione

Gli aggregati naturali ottenuti dalla lavorazione di terre e rocce da scavo gestite come sottoprodotto secondo il DPR 120/2017 sono compresi nella categoria di materiale qualificato come sottoprodotto. Gli aggregati naturali ottenuti dalla lavorazione di terre e rocce da scavo gestite come sottoprodotto secondo il DPR 120/2017 sono compresi nella categoria di materiale qualificato come sottoprodotto.

Se il progetto esecutivo richiede un determinato quantitativo minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti, l'Appaltatore potrà dimostrare il requisito tramite una delle opzioni di seguito elencate:

- Una dichiarazione ambientale di Prodotto (DAP o, in inglese, Environmental Product Declarations o EPD), conforme alla norma UNI EN 15804 e alla norma UNI EN ISO 14025, verificata da parte di un organismo di verifica e validazione accreditato in conformità alla norma UNI CEI EN ISO/IEC 17029 e UNI EN ISO 14065 per lo specifico schema, come ad esempio EPDIItaly® o schema internazionale EPD® e che riporti la percentuale di contenuto di materiale riciclato, recuperato, o sottoprodotto, nel paragrafo "informazione ambientale aggiuntiva" della dichiarazione.
- certificazione di prodotto "REMADE®" o "ReMade in Italy®";

- certificazione di prodotto per il rilascio del marchio “Plastica seconda vita”;
- per i prodotti in PVC è possibile fare ricorso, oltre alle certificazioni di cui ai punti precedenti, anche al marchio VinylPlus Product Label;
- una certificazione di prodotto basata sul bilancio di massa emessa da un organismo di valutazione della conformità accreditato da un ente di Accreditamento firmatario degli accordi EA/IAF MLA per lo specifico schema, quale, ad esempio la CP DOC 262;
- una certificazione di prodotto, rilasciata, da un organismo di valutazione della conformità, in conformità alla prassi UNI/PdR 88 "Requisiti di verifica del contenuto di riciclato e/o recuperato e/o sottoprodotto, presente nei prodotti", qualora il materiale rientri nel campo di applicazione di tale prassi.
- Una certificazione Made green in Italy (MGI) verificata da parte di un organismo di verifica o validazione accreditato in conformità alla norma ISO 17029 e ISO 14065 per lo specifico schema, che nella DIAP riporti, quale informazione ambientale aggiuntiva, la percentuale di contenuto di materiale riciclato, recuperato, o sottoprodotto.

Sono fatte salve le asserzioni ambientali auto-dichiarate, conformi alla norma UNI EN ISO 14021, validate da un organismo di valutazione della conformità, in data antecedente al 4/12/2022 e fino alla scadenza della convalida stessa

h) Terreno vegetale

Salvo diversamente specificato in progetto (CAM verde) dovrà essere prevista la rimozione e l'accantonamento del primo strato del terreno per il successivo riutilizzo in opere a verde.

Per primo strato del terreno si intende sia l'orizzonte “O” (organico) del profilo pedologico sia l'orizzonte “A” (attivo), entrambi ricchi di materiale organico e di minerali che è necessario salvaguardare e utilizzare per le opere a verde.

Nel caso in cui il profilo pedologico del suolo non sia noto, il progetto include un'analisi pedologica che determini l'altezza dello strato da accantonare (O e A) per il successivo riutilizzo.

Il suolo rimosso dovrà essere accantonato in cantiere separatamente dalla matrice inorganica che invece è utilizzabile per rinterri o altri movimenti di terra, in modo tale da non comprometterne le caratteristiche fisiche, chimiche e biologiche ed essere riutilizzato nelle aree a verde nuove o da riqualificare.

3. SCAVI E RINTERRI

3.1 OCCUPAZIONE, APERTURA E SFRUTTAMENTO DELLE CAVE

Fermo restando quanto prescritto nel presente Capitolato circa la provenienza dei materiali, resta stabilito che tutte le pratiche e gli oneri inerenti alla ricerca, occupazione, apertura e gestione delle cave sono a carico esclusivo dell'Appaltatore, rimanendo la Stazione Appaltante sollevata dalle conseguenze di qualsiasi difficoltà che l'Appaltatore potesse incontrare a tale riguardo. Al momento della Consegna dei lavori, l'Appaltatore dovrà indicare le cave di cui intende servirsi e garantire che queste siano adeguate e capaci di fornire in tempo utile e con continuità tutto il materiale necessario ai lavori con le prescritte caratteristiche.

L'Impresa resta responsabile di fornire il quantitativo e di garantire la qualità dei materiali occorrenti al normale avanzamento dei lavori anche se, per far fronte a tale impegno, l'Impresa medesima dovesse abbandonare la cava o località di provenienza, già ritenuta idonea, per attivarne altre ugualmente idonee; tutto ciò senza che l'Impresa possa avanzare pretese di speciali compensi o indennità.

In ogni caso all'Appaltatore non verrà riconosciuto alcun compenso aggiuntivo qualora, per qualunque causa, dovesse variare in aumento la distanza dalle cave individuate ai siti di versamento in cantiere.

Anche tutti gli oneri e prestazioni inerenti al lavoro di cava, come pesatura del materiale, trasporto in cantiere, lavori inerenti alle opere morte, pulizia della cava con trasporto a rifiuto della terra vegetale e del cappellaccio, costruzione di strade di servizio e di baracche per ricovero di operai o del personale di sorveglianza della Stazione Appaltante e quanto altro occorrente sono ad esclusivo carico dell'Impresa.

L'Impresa ha la facoltà di adottare, per la coltivazione delle cave, quei sistemi che ritiene migliori nel proprio interesse, purché si uniformi alle norme vigenti ed alle ulteriori prescrizioni che eventualmente fossero impartite dalle Amministrazioni statali e dalle Autorità militari, con particolare riguardo a quella mineraria di pubblica sicurezza, nonché dalle Amministrazioni regionali, provinciali e comunali.

L'Impresa resta in ogni caso l'unica responsabile di qualunque danno od avaria potesse verificarsi in dipendenza dei lavori di cava od accessori.

3.2 SCAVI IN GENERE

Gli scavi in genere per qualsiasi lavoro, a mano o con mezzi meccanici, dovranno essere eseguiti secondo i disegni di progetto e la relazione geologica e geotecnica di cui alle norme tecniche vigenti, nonché secondo le particolari prescrizioni che saranno date all'atto esecutivo dalla Direzione dei Lavori.

Nell'esecuzione degli scavi in genere l'Appaltatore dovrà procedere in modo da impedire scoscendimenti e franamenti, restando esso, oltreché totalmente responsabile di eventuali danni alle persone ed alle opere, altresì obbligato a provvedere a suo carico e spese alla rimozione delle materie franate.

L'Appaltatore dovrà, inoltre, provvedere a sue spese affinché le acque scorrenti alla superficie del terreno siano deviate in modo che non abbiano a riversarsi negli scavi.

Le materie provenienti dagli scavi, ove non siano utilizzabili o non ritenute adatte (a giudizio insindacabile della Direzione dei Lavori) ad altro impiego nei lavori, dovranno essere portate fuori della sede del cantiere, alle pubbliche discariche ovvero su aree che l'Appaltatore dovrà provvedere a render disponibili a sua cura e spese.

Qualora le materie provenienti dagli scavi debbano essere successivamente utilizzate, il loro utilizzo e/o deposito temporaneo avverrà nel rispetto delle disposizioni del d.lgs. n. 152/2006 e s.m.i. e del d.P.R.n.120/2017 "Regolamento

recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo". In ogni caso le materie depositate non dovranno essere di intralcio o danno ai lavori, alle proprietà pubbliche o private ed al libero deflusso delle acque scorrenti in superficie.

La Direzione dei Lavori potrà fare asportare, a spese dell'Appaltatore, le materie depositate in contravvenzione alle precedenti disposizioni.

Qualora i materiali siano ceduti all'Appaltatore, si applicano le disposizioni di legge.

L'appaltatore deve trasportarli e regolarmente accatastarli nel luogo stabilito negli atti contrattuali, intendendosi di ciò compensato coi prezzi degli scavi e delle demolizioni relative.

Qualora gli atti contrattuali prevedano la cessione di detti materiali all'Appaltatore, il prezzo ad essi convenzionalmente attribuito deve essere dedotto dall'importo netto dei lavori, salvo che la deduzione non sia stata già fatta nella determinazione dei prezzi.

3.3 SCAVI DI SBANCAMENTO

Per scavi di sbancamento o sterri andanti s'intendono quelli occorrenti per lo spianamento o sistemazione del terreno su cui dovranno sorgere le costruzioni, per tagli di terrapieni, per la formazione di cortili, giardini, scantinati, piani di appoggio per platee di fondazione, vespai, rampe incassate o trincee stradali, ecc., e in generale tutti quelli eseguiti a sezione aperta su vasta superficie ove sia possibile l'allontanamento delle materie di scavo evitandone il sollevamento, sia pure con la formazione di rampe provvisorie ecc.

Saranno pertanto considerati scavi di sbancamento anche quelli che si trovano al di sotto del piano dicampagna o del piano stradale di progetto (se inferiore al primo), quando gli scavi rivestano i caratteri sopra accennati, poiché per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta.

3.4 SCAVI DI FONDAZIONE O IN TRINCEA

Per scavi di fondazione in generale si intendono quelli incassati ed a sezione ristretta necessari per dar luogo ai muri o pilastri di fondazione propriamente detti.

In ogni caso saranno considerati come gli scavi di fondazione quelli per dar luogo alle fogne, condutture, fossi e cunette. Qualunque sia la natura e la qualità del terreno, gli scavi per fondazione, dovranno essere spinti fino alla profondità che dalla Direzione dei Lavori verrà ordinata all'atto della loro esecuzione. Le profondità, che si trovano indicate nei disegni, sono perciò di stima preliminare e la Stazione Appaltante si riserva piena facoltà di variarle nella misura che reputerà più conveniente, senza che ciò possa dare all'Appaltatore motivo alcuno di fare eccezioni o domande di speciali compensi, avendo egli soltanto diritto al pagamento del lavoro eseguito, coi prezzi contrattuali stabiliti per le varie profondità da raggiungere. E' vietato all'Appaltatore, sotto pena di demolire il già fatto, di porre mano alle murature o ai getti prima che la Direzione dei Lavori abbia verificato ed accettato i piani delle fondazioni.

I piani di fondazione dovranno essere generalmente orizzontali, ma per quelle opere che cadono sopra falde inclinate, dovranno, a richiesta della Direzione dei Lavori, essere disposti a gradini ed anche con determinate contropendenze.

Compiuta la muratura di fondazione, lo scavo che resta vuoto, dovrà essere diligentemente riempito e costipato, a cura e spese dell'Appaltatore, con le stesse materie scavate, sino al piano del terreno naturale primitivo.

Gli scavi per fondazione dovranno, quando occorra, essere solidamente puntellati e sbadacchiati con robuste armature, in modo da proteggere contro ogni pericolo gli operai, ed impedire ogni smottamento di materie durante l'esecuzione tanto degli scavi che delle murature.

L'Appaltatore è responsabile dei danni ai lavori, alle persone, alle proprietà pubbliche e private che potessero accadere per la mancanza o insufficienza di tali puntellazioni e sbadacchiature, alle quali egli deve provvedere di propria iniziativa, adottando anche tutte le altre precauzioni riconosciute necessarie, senza rifiutarsi per nessun pretesto di ottemperare alle prescrizioni che al riguardo gli venissero impartite dalla Direzione dei Lavori.

Col procedere delle murature l'Appaltatore potrà recuperare i legnami costituenti le armature, sempreché non si tratti di armature formanti parte integrante dell'opera, da restare quindi in posto in proprietà della Stazione Appaltante; i legnami però, che a giudizio della Direzione dei Lavori, non potessero essere tolti senza pericolo o danno del lavoro, dovranno essere abbandonati negli scavi.

3.5 MATERIALI DI RISULTA DEGLI SCAVI

I materiali di risulta degli scavi che debbano poi essere reimpiegati per la formazione dei rinterri o rilevati dovranno essere di norma depositi lateralmente al cavo e sistemati in modo da impedire che i cavi siano invasi dalle acque meteoriche superficiali e dagli scoscendimenti e smottamenti del materiale depositato. L'Impresa dovrà inoltre curare che detti materiali non rechino ostacolo al transito delle persone e dei veicoli, all'accesso ai fabbricati e alle manovre degli operai necessarie per l'esecuzione dei lavori ed è a tale fine obbligata a collocare a sue spese ponteggi, passerelle, ripari e segnali ovunque se ne presenti la necessità e la convenienza.

Qualunque danno si verificasse in dipendenza della sistemazione del materiale di scavo dovrà essere prontamente riparato a cura e spese dell'Impresa, in modo da non intralciare l'ulteriore sviluppo dei lavori.

Alla Direzione dei Lavori è riservata la facoltà insindacabile di vietare all'Impresa il deposito delle materie di scavo, o di quelle provenienti da cave di prestito, nelle zone dove il terreno non presenti sufficiente stabilità oppure dove l'eccessivo carico del materiale depositato possa danneggiare canalizzazioni eventualmente esistenti nel sottosuolo. Le materie di scavo depositate, in tal caso, dovranno essere riprese e trasportate in luoghi adatti, senza che per ciò possa competere all'Impresa alcun compenso.

Il materiale vegetale scavato, se ritenuto idoneo dalla Direzione lavori, potrà essere utilizzato per il rivestimento delle scarpate; diversamente il materiale scavato dovrà essere portato in discarica. Rimane comunque categoricamente vietata la posa in opera di tale materiale per la costruzione dei rilevati.

3.6 RILEVATI E RINTERRI

Per la formazione dei rilevati o per qualunque opera di rinterro, ovvero per riempire i vuoti tra le pareti degli scavi e le murature, o da addossare alle murature, e fino alle quote prescritte dalla Direzione dei Lavori, si impiegheranno in generale, nel rispetto delle norme vigenti relative tutela ambientale e salvo quanto segue, fino al loro totale esaurimento, tutte le materie provenienti dagli scavi di qualsiasi genere eseguiti per quel cantiere, in quanto disponibili ed adatte, a giudizio della Direzione dei Lavori, per la formazione dei rilevati.

Quando venissero a mancare in tutto o in parte i materiali di cui sopra, si preleveranno le materie occorrenti ovunque l'Appaltatore crederà di sua convenienza, purché i materiali siano riconosciuti idonei dalla Direzione dei Lavori.

Le terre, macinati e rocce da scavo, per la formazione di aree prative, sottofondi, reinterri, riempimenti, rimodellazioni e rilevati, conferiti in cantiere, devono rispettare le norme vigenti, i limiti previsti dalla Tabella 1 - Valori di concentrazione limite accettabili nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare, colonna A (Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale) e colonna B (Siti ad uso Commerciale ed Industriale) dell'Allegato 5 al Titolo V della Parte Quarta del d.lgs. 152/2006 e s.m.i. e il d.P.R. n.120/2017 "Regolamento recante la disciplina semplificata

della gestione delle terre e rocce da scavo".

Per rilevati e rinterri da addossarsi alle murature, si dovranno sempre impiegare materie sciolte, o ghiaiose, restando vietato in modo assoluto l'impiego di quelle argillose e, in generale, di tutte quelle che con l'assorbimento di acqua si rammolliscono e si gonfiano generando spinte.

Nella formazione dei suddetti rilevati, rinterri e riempimenti dovrà essere usata ogni diligenza perché la loro esecuzione proceda per strati orizzontali di eguale altezza, disponendo contemporaneamente le materie bene sminuzzate con la maggiore regolarità e precauzione, in modo da caricare uniformemente le murature su tutti i lati e da evitare le sfiancature che potrebbero derivare da un carico male distribuito.

Le materie trasportate in rilevato o rinterro con vagoni, automezzi o carretti non potranno essere scaricate direttamente contro le murature, ma dovranno depositarsi in vicinanza dell'opera per essere riprese poi al momento della formazione dei suddetti rinterri.

Per tali movimenti di materie dovrà sempre provvedersi alla pilonatura delle materie stesse, da farsi secondo le prescrizioni che verranno indicate dalla Direzione dei Lavori.

E' vietato addossare terrapieni a murature di fresca costruzione.

Tutte le riparazioni o ricostruzioni che si rendessero necessarie per la mancata od imperfetta osservanza delle prescrizioni del presente articolo, saranno a completo carico dell'Appaltatore. E' obbligo dell'Appaltatore, escluso qualsiasi compenso, di dare ai rilevati durante la loro costruzione, quelle maggiori dimensioni richieste dall'assestamento delle terre, affinché all'epoca del collaudo i rilevati eseguiti abbiano dimensioni non inferiori a quelle ordinate.

L'Appaltatore dovrà consegnare i rilevati con scarpate regolari e spianate, con i cigli bene allineati e profilati e compiendo a sue spese, durante l'esecuzione dei lavori e fino al collaudo, gli occorrenti ricarichi o tagli, la ripresa e la sistemazione delle scarpate e l'espurgo dei fossi.

La superficie del terreno sulla quale dovranno elevarsi i terrapieni, sarà previamente scoticata, ove occorra, e se inclinata sarà tagliata a gradoni con leggera pendenza verso monte

4 FONDAZIONE STRADALE IN MATERIALE NON LEGATO

4.1 Fondazione in misto granulare non legato

Il misto granulare non legato è costituito da una miscela di aggregati che possono essere naturali (scelta residuale), recuperati, riciclati o sottoprodotti senza alcuna aggiunta di legante, che vengono stabilizzati grazie alla disposizione ottimale degli aggregati compattati ed acqua.

4.1.1 Caratteristiche dei materiali da impiegare

a) Aggregati

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni contenute nell'allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13242 "Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade". Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1 "Metodi di campionamento degli aggregati".

Gli aggregati utilizzati devono soddisfare i requisiti riportati nella seguente tabella:

Caratteristiche aggregati misto granulare non legato			
Requisito	Normativa	u.m.	Valore limite
Dimensione massima	UNI EN 933-1	mm	< 63
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	< 30
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	< 1
Indice di plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12	%	N.P.

4.1.2 Caratteristiche della miscela

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare non legato per lo strato di fondazione deve avere la composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 933-1, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella:

Fuso granulometrico misto granulare non legato		
Apertura setaccio (mm)	Passanti	
	Limite inferiore (%)	Limite superiore (%)
63	100	100
31,5	85	100
16	55	80
8	35	65
4	25	50
2	18	40
1	14	34
0,5	10	28
0,063	4	11

La quantità di acqua deve essere quella corrispondente all'umidità ottima di costipamento determinata nello studio della miscela con variazione compresa tra $\pm 2\%$ del peso della miscela per consentire il raggiungimento delle resistenze

appresso indicate.

L'umidità può essere controllata in cantiere con sistemi preferibilmente rapidi.

Non sono ammesse variazioni sulla composizione ottimale della miscela studiata in laboratorio e validata ed accettata dalla Direzione Lavori, purché autorizzate dalla Direzione Lavori e purché vengano rispettati i valori di resistenza e portanza.

Lo strato di fondazione in misto granulare non legato costipato in opera deve avere le caratteristiche di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella:

Caratteristiche meccaniche miscela di misto granulare non legato			
Requisito	Normativa	u.m.	Valore limite
Indice di portanza CBR (4 giorni in acqua)	UNI EN 13286-47	%	> 50

4.1.3 Studio della miscela

L'Impresa deve inoltre effettuare uno studio preliminare sulla miscela che intende utilizzare per la formazione della fondazione stradale. Tale studio deve comprendere la determinazione della curva di costipamento con energia Proctor Modificata (UNI EN 13286-2) e l'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione (UNI EN 13286-47).

Lo studio della miscela, la fonte di approvvigionamento e le modalità di produzione devono essere documentate e presentate alla Direzione Lavori entro quindici giorni dall'inizio dei lavori per l'approvazione.

L'Indice di portanza CBR (UNI EN 13286-47) sul materiale passante al setaccio 45, dopo 4 giorni di imbibizione in acqua, deve essere superiore a 50%. E' inoltre richiesto che tale condizione sia verificata per un intervallo di $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

Contemporaneamente l'Impresa deve indicare, per iscritto, le fonti di approvvigionamento, il tipo di lavorazione che intende adottare, il tipo e la consistenza dell'attrezzatura di cantiere che viene impiegata.

Lo studio completo deve comprendere le seguenti fasi:

- valutazione delle proprietà fisiche dell'aggregato o della miscela di aggregati;
- determinazione, per la frazione grossa, della resistenza alla frammentazione (coefficiente Los Angeles) e dei coefficienti di forma ed appiattimento;
- verifica, per il passante al setaccio da 2 mm, dell'equivalente in sabbia e dell'indice di plasticità;
- definizione della curva granulometrica ottimale;
- determinazione dell'umidità ottimale di costipamento;
- determinazione dell'indice di portanza CBR in condizioni di saturazione;
- indice di portanza CBR confezionato con il $\pm 2\%$ rispetto all'umidità ottimale di costipamento.

4.1.4 Modalità esecutive

Il piano di posa dello strato deve avere le quote, la sagoma, i requisiti di compattezza ed essere ripulito da materiale estraneo. Il materiale viene steso in strati di spessore finito non superiore a 20 cm e non inferiore a 10 cm e deve presentarsi, dopo costipato, uniformemente miscelato in modo da non presentare segregazione dei suoi componenti. L'eventuale aggiunta di acqua, per raggiungere l'umidità prescritta in funzione della densità, è da effettuarsi mediante dispositivi spruzzatori. A questo proposito si precisa che tutte le operazioni anzidette non devono essere eseguite quando le condizioni ambientali (pioggia, neve, gelo) siano tali da danneggiare la qualità dello strato stabilizzato. Verificandosi

comunque eccesso di umidità o danni dovuti al gelo lo strato compromesso deve essere rimosso e ricostituito a cura e spese dell'Impresa. Il materiale pronto per il costipamento deve presentare in ogni punto la prescritta granulometria. Per il costipamento e la rifinitura vengono impiegati rulli vibranti o vibranti gommati, tutti semoventi. L'idoneità dei rulli e le modalità di costipamento vengono, per ogni cantiere, determinate dalla D.L. con una prova sperimentale, usando le miscele messe a punto per quel cantiere (prove di costipamento). La superficie finita non deve scostarsi dalla sagoma di progetto di oltre 1 cm. controllato a mezzo di un regolo di 4,5 m di lunghezza e disposto secondo due direzioni ortogonali. Lo spessore deve essere quello prescritto, con una tolleranza in più o in meno del 5% purché questa differenza si presenti solo saltuariamente.

4.1.5 Norme di controllo delle lavorazioni

I controlli sono eseguiti dalla Direzione Lavori o da un laboratorio di fiducia, ogni 1000 metri quadri e comunque ogni giornata di lavoro.

Sono verificate tutte le caratteristiche fisico/meccaniche della miscela posta in opera e le caratteristiche meccaniche e di addensamento dello strato di fondazione, secondo quanto riportato nel presente articolo.

4.2 Demolizione degli strati di fondazione

La demolizione dell'intera sovrastruttura può avvenire, oltre che con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, anche con impiego di attrezzature tradizionali quali escavatori, pale meccaniche, martelli demolitori ecc. a discrezione della D.LL. ed a suo insindacabile giudizio. Le pareti verticali dello scavo devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e privo di sgretolature.

Eventuali danni causati dall'azione dei mezzi sulla parte di pavimentazione da non demolire devono essere riparati a cura e spese dell'Impresa.

L'Impresa è inoltre tenuta a regolarizzare e compattare il piano di fondazione dell'area demolita prima di ogni altra lavorazione di ricostruzione della pavimentazione.

5 CONGLOMERATI BITUMINOSI

5.1 Demolizione pavimentazione totale o parziale di strati in conglomerato bituminoso realizzata con frese

La demolizione della parte della sovrastruttura legata a bitume per l'intero spessore o parte di esso deve essere effettuata con idonee attrezzature munite di frese a tamburo funzionanti a freddo, munite di nastro caricatore per il carico del materiale di risulta.

Le attrezzature tutte devono essere perfettamente efficienti e funzionanti e di caratteristiche meccaniche, dimensioni e produzioni approvate preventivamente dalla Committenza; devono inoltre avere caratteristiche tali che il materiale risultante dall'azione di scarifica risulti idoneo a giudizio della D.LL. per il reimpiego nella confezione di nuovi conglomerati.

La superficie del cavo deve risultare perfettamente regolare in tutti i punti, priva di residui di strati non completamente fresati che possono compromettere l'aderenza dei nuovi tappeti da porre in opera; devono inoltre risultare perfettamente pulite, asciutte e uniformemente rivestite dalla mano di attacco di legante bituminoso tal quale o modificato.

Non sono tollerate scanalature provocate da tamburi ed utensili inadeguati o difformemente usurati che presentino una profondità misurata tra cresta e gola superiore a 0.3 cm.

La fresatura destinata alla sola rimozione dello strato di usura deve essere effettuata con l'ausilio di specifici tamburi (rulli) per la fresatura fine consentendo di ottenere un piano liscio e privi di canalicoli di dimensione eccessiva.

L'Impresa si deve scrupolosamente attenere agli spessori di demolizione definiti dalla D.LL. Qualora questi dovessero risultare inadeguati a contingenti situazioni in essere e comunque diversi per difetto o per eccesso rispetto all'ordinativo di lavoro, l'Impresa è tenuta a darne immediata comunicazione al Direttore dei Lavori o ad un suo incaricato che potranno autorizzare la modifica delle quote di scarifica.

Lo spessore della demolizione deve corrispondere in tutti i suoi punti a quanto stabilito dalla D.LL. e è valutato mediando l'altezza delle due pareti laterali con quella della parte centrale dello scavo.

La fresatura deve essere effettuata mediante l'impiego di sistemi di rilevamento automatico della livellazione in senso longitudinale e trasversale, mediante sensori ottici o meccanici, in modo da garantire che la profondità di taglio e fresatura sia rispettata con la massima precisione e che gli eventuali scostamenti riscontrati dal sistema vengano corretti dinamicamente in modo proporzionale.

La pulizia del piano di scarifica deve essere eseguita con attrezzature approvate dalla D.LL. munite di spazzole e dispositivi aspiranti, in grado di dare un piano depolverizzato, perfettamente pulito.

La non idonea pulizia delle superfici può provocare una penalizzazione sul prezzo di elenco del 15%.

La demolizione dello strato legato a bitume può essere effettuata con uno o più passaggi di fresa, secondo quanto previsto dal progetto o prescritto dalla D.LL.; nei casi in cui si debbano effettuare più passaggi, si avrà cura di ridurre la sezione del cassonetto inferiore formando un gradino tra uno strato demolito ed il successivo di almeno 10 cm di base per ciascun lato.

Le pareti dei giunti longitudinali devono risultare perfettamente verticali e con andamento longitudinale rettilineo e prive di sgretolature.

5.2 Materiali inerti

5.2.1 Aggregati

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP predisposta dal produttore degli aggregati e del filler.

Tale documentazione deve essere fornita alla D.L. a corredo degli studi di prequalifica delle miscele.

Resta salva la facoltà del Direttore Lavori di verificare con controlli di accettazione i requisiti dichiarati dal produttore da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Gli aggregati impiegati nel conglomerato bituminoso devono essere qualificati in conformità al Regolamento sui prodotti da costruzione 3110/2024 e devono essere marcati CE, rispondendo a quanto previsto dall'appendice ZA della norma UNI EN 13043. In ogni caso i materiali devono essere conformi ai sistemi di attestazione previsti dalla normativa vigente. La miscela di aggregati deve essere costituita da aggregati grossi, fini e filler, anche eventualmente d'apporto. Può inoltre essere utilizzato conglomerato bituminoso di recupero e ogni altro aggregato riciclato purché in possesso di Marcatura CE o in alternativa DoP e rispondente ai requisiti di seguito riportati.

La percentuale il tipo e la provenienza di aggregati di apporto che si intendono impiegare va obbligatoriamente dichiarata nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla D.L. prima dell'inizio dei lavori con allegate le certificazioni di prodotto e ambientali.

5.2.1.1 Aggregato grosso

L'aggregato grosso (frazione di dimensioni maggiori/uguali ai 2 mm) può avere anche elementi arrotondati e/o parzialmente frantumati e deve rispondere ai seguenti requisiti:

a) Per strati di base e binder

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 25 (LA ₂₅)
Superfici frantumate	UNI EN 13043	---	C _{95/1}
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	≤ 5
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 20 (SI ₂₀)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 20 (FI ₂₀)

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso deve essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

b) Per strati di usura

Aggregato Grosso			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Resistenza alla frammentazione (Los Angeles)	UNI EN 1097-2	%	≤ 20 (LA ₂₀)
Superfici frantumate	UNI EN 933-5	---	C _{100/0}

Resistenza alla levigatezza	UNI EN 1097-8	---	≥ 44 (PSV44)
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	%	≤ 1 (F ₁)
Affinità bitume-aggregato (Spogliamento)	UNI EN 12697-11	%	0
Coefficiente di forma	UNI EN 933-4	---	≤ 15 (SI ₁₅)
Coefficiente di appiattimento	UNI EN 933-3	---	≤ 15 (FI ₁₅)
Assorbimento d'acqua	UNI EN 1097-6	%	≤ 2 (WA ₂₄₂)

In ogni caso, anche se di natura diversa, l'aggregato grosso deve essere costituito da elementi sani, duri, durevoli, poliedrici, puliti ed esenti da polvere e da materiali estranei o inquinanti.

5.2.1.2 Aggregato fino

L'aggregato fino (frazione di dimensioni minori di 2 mm) deve essere costituito da sabbie indifferentemente riciclate o naturali e deve rispondere ai seguenti requisiti:

a) Per strati di base e binder

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 60 (SE ₆₀)

b) Per strati di usura

Aggregato Fino			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	%	≥ 65 (SE ₆₅)
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	%	≤ 10 (f ₁₀)

5.2.1.3 Filler di additivazione

Il filler può essere di provenienza naturale o artificiale, da frazioni fini degli aggregati naturali, artificiali o anche riciclati costituito, ad esempio, da polvere di roccia, cemento, calce idrata, calce idraulica, polvere di asfalto, ceneri volanti, etc. Comunque, deve soddisfare i seguenti requisiti:

Filler di Additivazione			
Parametro	Normativa	Unità di misura	Limite (UNI EN 13043)
Indice Plasticità	UNI CEN ISO/TS 17892-12		N.P.
Anello e biglia (Stiffening Power) Rapporto filler/bitume = 1,5	UNI EN 13179-1	$\Delta_{R\&B}$	$8 \div 16$ ($\Delta_{R\&B}8/16$)

5.2.1.4 Conglomerato bituminoso di recupero

Il conglomerato bituminoso di recupero proveniente dalla demolizione di pavimentazioni esistenti e/o da scarti di lavorazioni è:

- sottoposto a idoneo processo di lavorazione (frantumazione, selezione e vagliatura), caratterizzato e rispondente alla norma UNI EN 13108-8 "Miscele bituminose: Specifiche del materiale - Conglomerato

bituminoso di recupero”

- certificato conformemente al DECRETO 28 marzo 2018, n. 69 Regolamento recante disciplina della cessazione della qualifica di rifiuto di conglomerato bituminoso ai sensi dell'articolo 184-ter, comma 2 del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152. (GU Serie Generale n.139 del 18-06-2018).

La percentuale di conglomerato bituminoso di recupero va obbligatoriamente dichiarata, assieme ad eventuali altri materiali riciclati, nello studio preliminare della miscela che l'Impresa è tenuta a presentare alla Direzione Lavori prima dell'inizio dei lavori.

5.3 Bitumi

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP predisposta dal produttore del bitume.

Tale documentazione deve essere fornita alla D.L. a corredo degli studi di prequalifica delle miscele.

5.3.1 Bitume tal quale

I bitumi per uso stradale devono essere provvisti di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP attestante la conformità all'Appendice ZA della Norma UNI EN 12591 “Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali” con riferimento alle informazioni complementari per i bitumi semisolidi 50-70 o 70-100, riportate nel documento UNI/TR 11361 “Bitume e leganti bituminosi – Bitumi per applicazioni stradali di maggior utilizzo in Italia”.

Bitume Tal Quale			Limiti (UNI EN 12591)	
Parametro	Normativa	Unità di misura	Classe 50/70	Classe 70/100
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	0,1 mm	50 ÷ 70	70 ÷ 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	°C	46 ÷ 54	43 ÷ 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	°C	≤ - 6	≤ - 8
Viscosità dinamica a 60°C	UNI EN 12596	Pa·s	≥ 145	≥ 90
Valori dopo RTFOT		UNI EN12607-1		
Penetrazione residua	UNI EN 1426	%	≥ 50	≥ 50
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN 1427	°C	≤ 9	≤ 9
Variazione della massa	UNI EN 12607-1	%	≤ 0,5	≤ 0,8

Ai fini dell'accettazione, prima dell'inizio dei lavori, l'Impresa è tenuta a predisporre la qualificazione del prodotto tramite certificazione attestante i requisiti indicati. Tale certificazione è rilasciata dal produttore o da un Laboratorio che opera per conto terzi.

5.4 Prodotti di integrazione

I prodotti di integrazione possono essere naturali o artificiali e, aggiunti agli aggregati o al bitume, consentono di migliorare le prestazioni dei conglomerati bituminosi.

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i prodotti di integrazione è verificato dalla Direzione Lavori sulla base delle schede tecniche, delle schede di sicurezza e dei risultati di prove eseguite obbligatoriamente dal produttore presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii. Tale documentazione deve essere fornita alla D.L. a corredo degli studi di prequalifica delle miscele

a) Attivanti di adesione

Gli attivanti di adesione hanno la funzione principale di incrementare, o addirittura creare, l'affinità tra bitume ed aggregato. Tale azione deve garantire un legame quanto più stabile possibile in qualsiasi condizione di applicazione e deve evitare lo spogliamento del legante dagli aggregati.

L'attivante di adesione deve essere scelto in funzione della natura chimica dell'aggregato utilizzato per la produzione della miscela bituminosa. Pertanto, il prodotto può essere a base amminica, polifosforica o di qualsiasi altra natura, purché permetta di soddisfare il limite di affinità bitume-aggregato sopra previsto per l'aggregato grosso, secondo la norma UNI EN 12697-11. **Gli attivanti di adesione devono essere necessariamente sempre previsti in tutte le miscele bituminose. Laddove non inseriti dovrà essere fornita giustificazione alla DL supportata con prove di laboratorio atte a dimostrare le prestazioni del materiale soprattutto in termini di durabilità e ormaimento.**

Il dosaggio di questi prodotti deve essere determinato durante la fase di prequalifica e varierà (generalmente, da 0,30% a 0,60% sul peso del bitume), in funzione della natura litologica dell'aggregato e delle condizioni operative (temperature, tipo di miscela da produrre, etc). Eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate da prove di laboratorio alla D.L..

L'aggiunta degli attivanti di adesione nel legante bituminoso deve essere realizzata con attrezzature idonee, per garantire l'esatta dose e la perfetta dispersione nel bitume.

b) Attivanti Chimici Funzionali

Gli attivanti chimici funzionali (ACF) sono impiegati per rigenerare le caratteristiche del bitume invecchiato contenuto nel conglomerato bituminoso di recupero derivante dalla demolizione di pavimentazioni a fine vita utile. Gli ACF devono essere liquidi polifunzionali a elevato potere rigenerante ed esenti dalla presenza di oli aromatici.

Il dosaggio di questi prodotti deve essere determinato nella fase di prequalifica e deve essere tale da ottimizzare le caratteristiche meccaniche e di durabilità del conglomerato bituminoso; inoltre deve essere compatibile con le modalità di miscelazione dell'impianto (tempi di miscelazione, temperature di miscelazione etc..).

Eventuali variazioni di tali quantità devono essere opportunamente dimostrate e giustificate da prove di laboratorio alla D.L. L'immissione degli ACF nel bitume deve essere realizzata con attrezzature idonee nelle cisterne di stoccaggio o in linea durante il ciclo produttivo. Tali dosatori devono garantire l'esatto dosaggio e la loro perfetta dispersione nel legante bituminoso.

I rigeneranti devono essere previsti obbligatoriamente nel caso dell'utilizzo del conglomerato bituminoso di recupero.

c) Fibre

L'impiego di fibre è utile per il confezionamento di miscele per strati di usura "SplittMastix Asphalt" con bitume modificato Hard e strati di usura drenante fonoassorbente con bitume modificato Hard.

Per garantire le prestazioni meccaniche della miscela bituminosa e assicurare la relativa vita utile, devono essere aggiunte fibre di varia natura (naturali, minerali e sintetiche) anche sotto forma di granuli addensati (pellets). Devono avere funzione stabilizzante ed addensante, per evitare la colatura del legante bituminoso, e fisico-strutturale per il rinforzo della miscela.

Le caratteristiche chimico-fisiche indicative sono riportate nelle seguenti tabelle:

Fibre di additivazione – Cellulosa/Vetro		
Parametro	Unità di misura	Valore
<i>PELLETS</i>		
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	50 ÷ 100
Umidità residua	%	≤ 10
<i>FIBRE</i>		
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Resistenza alla trazione	GPa	≥ 2

Fibre di additivazione – Strutturali		
Parametro	Unità di misura	Valore
<i>PELLETS</i>		
Ceneri a 500°C (UNI ISO 3451-1)	%	20 ÷ 60
Umidità residua	%	≤ 10
<i>FIBRE</i>		
Resistenza alla temperatura	°C	≥ 300
Allungamento massimo	%	≥ 2

Il dosaggio del prodotto deve variare in funzione delle prestazioni meccaniche da raggiungere (generalmente 0,2 ÷ 0,8% sul peso degli aggregati).

La percentuale ottimale deve essere determinata durante la fase di prequalifica della miscela bituminosa.

La fibra deve essere aggiunta direttamente nel mescolatore dell'impianto di produzione mediante l'uso di un impianto dosatore, garantendo così l'omogeneità del prodotto finito.

L'immissione del prodotto all'interno del mescolatore deve avvenire dopo lo scarico degli aggregati e prima del bitume, il quale deve essere introdotto con un ritardo di circa 10 sec, per garantire così l'omogeneità e la dispersione.

5.5 Confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole

classi degli aggregati. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui, ma possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

Nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato conglomerato bituminoso di recupero si può procedere per scarico diretto.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano comprometterne la pulizia. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere tale da garantire il perfetto mescolamento e adesione tra gli aggregati e bitume e deve essere dichiarata nello studio di laboratorio e deve essere adeguata al bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

La temperatura di produzione non devono eccedere quelle indicate nel presente CSA per la tipologia di materiale.

5.6 Temperature di produzione

La massima temperatura di miscelazione all'impianto di produzione del conglomerato bituminoso con bitume tal quale è inferiore di 20°C rispetto a quella massima imposta dalle normative della serie UNI EN 13108 in base al grado del bitume utilizzato.

Nel caso di uso di conglomerato bituminoso con bitumi modificati secondo la norma UNI EN 14023 o conglomerati bituminosi additivati con compound polimerici e, in generale, ad alta viscosità, la temperatura di miscelazione deve essere inferiore o uguale a 175°C.

La temperatura effettiva di miscelazione è scelta sulla base delle temperature esterne, delle caratteristiche dei materiali componenti e loro modalità di stoccaggio, della distanza del cantiere dall'impianto, in modo da avere la corretta temperatura di posa.

Le Temperature devono essere riportate nei marchi CE e relative dichiarazioni di prestazione (DoP).

I tabulati di produzione dell'impianto e i documenti di trasporto del conglomerato bituminoso con indicata la temperatura del materiale in uscita dall'impianto, ossia la temperatura di consegna devono essere resi disponibili su richiesta della D.L.

Nello specifico per le strade urbane e per le tratte di strade extraurbane poste a distanze inferiori ai 1000 m dai centri abitati, delimitati così come previsto dall'articolo 5 del decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992 n.495, "Regolamento di esecuzione e attuazione del Codice della strada", la temperatura massima di posa delle miscele

bituminose di 120°C (tecnologia dei conglomerati tiepidi).

Nei seguenti casi, invece, la temperatura massima di posa è di 140°C:

a) strati della pavimentazione per i quali siano richiesti particolari prestazioni acustiche sulla base del criterio obbligatorio “2.2.4 Emissione acustica delle pavimentazioni” e del criterio premiante “3.2.8 Emissione acustica delle pavimentazioni” dei CAM;

b) strati della pavimentazione per i quali è previsto l'utilizzo di conglomerati bituminosi preparati con bitumi modificati oppure di conglomerati bituminosi additivati con *compound* polimerici.

Oltre i 1000 metri dai centri abitati è consentita una temperatura di posa massima di 150°C per conglomerati bituminosi con bitume normale, e di 165°C per conglomerati bituminosi prodotti con bitumi modificati ad alta viscosità, di cui alla lettera b).

Tale prescrizione non si applica ai conglomerati bituminosi prodotti con bitumi modificati con elevato tenore di polimeri (alto modulo con viscosità superiore a 0.6 Pa*s a 160° C) e alle miscele con leganti bituminosi epossidici.

5.7 Conglomerati bituminosi prodotti a tiepido (Warm Mix Asphalt)

La produzione tiepida può essere raggiunta con qualsiasi tecnologia o additivo, ma in ogni caso deve essere rispettato quanto segue:

La temperatura di produzione del conglomerato bituminoso deve essere preventivamente denunciata nello studio di laboratorio ed è controllata all'impianto dal laboratorio di fiducia della DL.

La temperatura del conglomerato bituminoso all'atto della stesa, controllata immediatamente dietro la finitrice deve risultare in ogni momento non inferiore a 120°C;

Le prestazioni della miscela tiepida dovranno essere le medesime di quella calda; pertanto devono essere rispettate tutte le prescrizioni nel seguito riportate.

Esistono diverse tecniche per ottenere un conglomerato tiepido, la differenza rispetto al conglomerato a caldo tradizionale risiede solo nel bitume utilizzato. Si possono dividere 2 diverse tecnologie: uso di additivi (organici o inorganici) o uso di tecniche di schiumatura. Ogni altra tecnologia è ammessa purché sia dimostrato che non innalza le temperature di produzione o non generi altri impatti ambientali superiori a quelli necessari per la produzione con tecnologie di cui sopra.

5.8 Procedura di studio delle miscele con pressa giratoria

L'Impresa dovrà formulare la miscela ottimale secondo il metodo Volumetrico con pressa giratoria al fine di individuare, in funzione della composizione granulometrica, la quantità effettiva di bitume e le densità ottimali del conglomerato bituminoso all'incrementare del grado di compattazione che questo subisce.

Il macchinario, pressa giratoria, dovrà avere la seguente configurazione:

CONDIZIONI DI PROVA:	
angolo di rotazione:	1,25° +0,02°
velocità di rotazione:	30 rotazioni/minuto

pressione verticale:	600 kPa
diametro del provino:	150 mm per miscele di base e binder
	100/150 mm per miscele di usura e SMA

La miscela è posta nelle fustelle e compattata alla temperatura ottimale di posa in opera che varia in relazione al tipo di bitume impiegato. Prima della procedura di compattazione ogni fustella va posta in forno alla stessa temperatura a cui viene portato il conglomerato.

I valori di riferimento per il controllo delle densità in opera sono quelli corrispondenti a D_p ovvero alla densità ottimale di progetto; il numero di giri necessari per ottenere tali densità (N_p) deve essere dichiarato dall'Impresa nello studio di mix design assieme a D_{max} , densità della miscela a fine vita utile (corrispondente a volume di vuoti come rappresentato in tabella); nello studio deve essere indicato anche il valore D_{10g} ovvero densità della miscela al momento della stesa pre-compattazione (corrispondente a 10 rotazioni della pressa giratoria N_{10g}) e la Temperatura di costipamento.

La miscelazione dei componenti costituenti la miscela e la compattazione dei provini di prova dovranno essere eseguite alle temperature effettive a cui verranno prodotte e compattate in opera le miscele, sia nel caso di miscela prodotta a caldo, sia nel caso di miscela prodotta a tiepido.

Per ogni materiale studiato deve essere costruita la curva di addensamento su grafico densità (o % vuoti)/numero di giri e devono essere registrati i numeri di rivoluzioni corrispondenti a:

Densità della miscela	Numero di giri di mix design	Valori	
Sigla		vuoti base, binder	vuoti usura
D_{10g}	$N_{10g} = 10$	da 10% a 15%	da 12% a 17%
D_p	$N_p =$ da definire nello studio di mix design	da 4% a 6%	da 4,5% a 7%
D_{max}	$N_{max} = 200 \pm 20$ (valore indicativo)	$\geq 2,0\%$	$\geq 2,5\%$

Densità della miscela	Numero di giri di mix design	Valori
		vuoti SMA e usura gap graded

Sigla		con polverino di gomma
D _{10g}	N _{10g} =10	da 8% a 14%
D _p	N _p = da definire nello studio di mix design	da 2% a 5%
D _{max}	N _{max} =200±20 (valore indicativo)	≥ 2,0%

Per i conglomerati rispondenti alle norme di prodotto UNI EN 13108-1 (conglomerati bituminosi prodotti a caldo) e UNI EN 13108-5 (conglomerati bituminosi antisdruciuolo chiuso o SMA), non sono ammesse miscele che hanno valori di vuoti eccedenti le prescrizioni riportate in tabella.

Densità della miscela	numero di giri di mix design	Valori
sigla		vuoti drenante
D _{10g}	N _{10g} =10	>28%
D _p	N _p = da definire nello studio di mix design	>22
D _{max}	N _{max} =110±20 (valore indicativo)	>16%

Il controllo delle densità sul materiale prelevato in opera dovrà verificare la rispondenza della curva di addensamento della miscela ed in particolare deve essere verificata la densità D_p al numero di giri corrispondente N_p. **Si rende quindi necessario che, prima dei controlli, al laboratorio della DL venga fatto pervenire lo studio di mix design dell'Impresa.**

5.9 Conglomerati bituminosi con bitume tal quale

5.9.1 Conglomerato bituminoso per strato di binder con bitume tal quale

Lo strato di *binder in conglomerato bituminoso con bitume tal quale* è composto da una miscela di aggregati grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), con bitume per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso.

5.9.1.1 Miscela

La miscela degli aggregati naturali, artificiali o di recupero, deve avere una composizione granulometrica determinata in conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e deve essere possibilmente compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

FUSO GRANULOMETRICO BINDER		
Apertura (mm)	LIMITE INF. (mm)	LIMITE SUP. (mm)
31,5	100	100
20	80	100
16	70	100
12,5	60	85
8	45	72
4	32	55
2	22	42
0,5	11	25
0,25	8	18
0,063	6	10
% bitume riferita alla miscela (*)	bmin $\geq$ 4,2	

(*) Nel caso si utilizzi più del 20% in peso di inerti ad elevato peso specifico, la quantità di bitume ottimale può essere anche inferiore al limite minimo indicato nella precedente tabella. In tal caso, la Direzione Lavori, ha la facoltà di verificare utilizzando il proprio laboratorio di fiducia la percentuale ottimale di bitume. Per tale ragione l'impresa è tenuta a presentare lo studio della miscela con congruo anticipo.

È facoltà della DL accettare anche una miscela con curva granulometrica non completamente rientrante nel fuso purché vengano rispettate le caratteristiche volumetriche e meccaniche di seguito riportate.

La quantità ottima di bitume totale (compreso il bitume presente nel conglomerato bituminoso di recupero) deve essere determinata attraverso uno studio di laboratorio con metodo volumetrico ovvero mediante pressa giratoria; tale studio deve contenere le evidenze sperimentali di almeno 3 miscele tentativo con percentuali di bitume via via crescenti di almeno 0,3% rispetto al peso della miscela. La miscela selezionata è quella che soddisfa i requisiti volumetrici alle 3 diverse rotazioni (N1, N2, N3) e per questa miscela devono essere eseguite le prove meccaniche.

La miscela ottimale deve avere le seguenti caratteristiche:

Risultati richiesti	Unità di misura	Valore richiesto
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	$\leq 14 (V_{\max 14})$
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	$3 \div 6 (V_{\min 3} - V_{\max 6})$
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	$\geq 2 (V_{\min 2})$
Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23) su campioni compattati a N2	MPa	$0,70 \div 1,60$
Sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12) su campioni compattati a 50 rotazioni	%	$\geq 90 (ITSR_{90})$
Modulo di rigidezza a 20 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2	MPa	$2700 < E < 5000$
Modulo di rigidezza a 30 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2	MPa	$E > 1500$

I limiti di accettazione delle prove di resistenza a trazione indiretta si riferiscono al materiale prelevato e compattato in cantiere o direttamente presso l'impianto di produzione; il limite di accettazione superiore aumenta di 0,25 MPa nel caso in cui il materiale prelevato in cantiere sia sottoposto a successivo riscaldamento in forno per produrre i campioni.

I limiti di accettazione delle prove di modulo di rigidezza si riferiscono al materiale prelevato e compattato in cantiere o direttamente presso l'impianto di produzione; il limite di accettazione superiore aumenta di 1000 MPa a 20°C nel caso in cui il materiale prelevato in cantiere sia sottoposto a successivo riscaldamento in forno per produrre i campioni.

L'appaltatore ha facoltà di inserire nella miscela di aggregati una quantità di materia riciclata recuperata o sottoprodotto superiore ai limiti minimi indicati dai CAM ma dovrà giustificare la prestazione per l'impiego di una maggiore quantità attraverso uno studio comparativo eseguito in laboratorio con prove di fatica, secondo UNI EN 12697-24 tra la miscela proposta e quella di riferimento ovvero quella con le percentuali minime di conglomerato bituminoso di recupero ammesse dai CAM.

Come riferimento per l'accettazione della miscela da parte del DL, per il conglomerato bituminoso per strati di base con bitume tal quale, il parametro di resistenza a fatica condotto con prove a flessione su travetto prismatico o trapezoidale alla temperatura di 10°C deve essere pari a:

Parametro	Unità di misura	VALORE LIMITE con bitume tal quale	VALORE LIMITE con bitume modificato
Resistenza a fatica su campioni compattati a N2 a 10°C	$\mu\epsilon$	$\epsilon_6 \geq 80$	$\epsilon_6 \geq 95$

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI BINDER (Requisiti prestazionali facoltativi)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25 (proc. B)	f_{cmax}	$\mu\text{m}/\text{m}/\text{n}$	<0,8
<i>In alternativa</i>				
Resistenza alla deformazione permanente (ormaiamento)	UNI EN 12697-22 (disp. piccolo) a 60°C	WTS_{AIR}	$\text{mm}/10^3\text{cicli}$	<0,5
Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione con pressa giratoria derivante dallo studio di mix design e corrispondente alla densità massima.				

CARATTERISTICHE DEL BITUME ESTRATTO DALLA MISCELA (Requisiti prestazionali facoltativi)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione del bitume estratto+distillato con rotavapor	UNI EN 1426	penn	dmm	$\pm 10 \text{ dmm}$
Rammollimento del bitume estratto+distillato con rotavapor	UNI EN1427	R&B	°C	$\pm 10^\circ\text{C}$
Ritorno elastico del bitume modificato estratto+distillato con rotavapor	UNI EN 13398	RE	%	$\pm 10\%$
Il bitume dovrà essere estratto dal conglomerato bituminoso con solvente idoneo e successivamente distillato con metodo rotavapor prima di essere sottoposto alle prove di controllo.				

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati al par. "TEMPERATURE DI PRODUZIONE"

Sullo stesso, in conformità alle disposizioni del CSA, vengono effettuati dei prelievi mediante carotaggio, in conformità

alla UNI EN 12697-27, suddividendo l'area del Campo Prove in 3 equidistanti allineamenti longitudinali e trasversali. Sui campioni prelevati la DL richiede l'esecuzione di tutte le prove necessarie, a suo insindacabile giudizio, al fine di valutare la qualità del conglomerato bituminoso posato nel campo prove. I risultati, se approvati dalla DL, costituiranno accettazione delle condizioni di stesa per tutti i successivi interventi.

5.9.1.2 Confezionamento delle miscele

Il conglomerato bituminoso deve essere confezionato mediante impianti fissi automatizzati, di idonee caratteristiche, mantenuti sempre perfettamente funzionanti in ogni loro parte.

La produzione di ciascun impianto non deve essere spinta oltre la sua potenzialità per garantire il perfetto essiccamento, l'uniforme riscaldamento della miscela ed una perfetta vagliatura che assicuri un'idonea riclassificazione delle singole classi degli aggregati. Si deve prediligere l'utilizzo di impianti discontinui, ma possono essere impiegati anche impianti continui (tipo drum-mixer) purché il dosaggio dei componenti della miscela sia eseguito a peso, mediante idonee apparecchiature la cui efficienza deve essere costantemente controllata.

Nel caso di materiale vergine si deve procedere tramite vagliatura e riclassificazione degli aggregati e, invece, se utilizzato conglomerato bituminoso di recupero si può procedere per scarico diretto.

L'impianto deve comunque garantire uniformità di produzione ed essere in grado di realizzare le miscele rispondenti a quelle indicate nello studio presentato ai fini dell'accettazione.

Ogni impianto deve assicurare il riscaldamento del bitume alla temperatura richiesta oltre al perfetto dosaggio di tutte le materie prime utilizzate.

La zona destinata allo stoccaggio degli aggregati deve essere preventivamente e convenientemente sistemata per annullare la presenza di sostanze argillose e ristagni di acqua che possano comprometterne la pulizia. Inoltre i cumuli delle diverse classi devono essere nettamente separati tra di loro e l'operazione di rifornimento dei predosatori deve essere eseguita con la massima cura.

Il tempo di miscelazione deve essere stabilito in funzione delle caratteristiche dell'impianto, in misura tale da permettere un completo ed uniforme rivestimento degli aggregati con il legante.

L'umidità degli aggregati all'uscita dell'essiccatore non deve superare lo 0,25% in peso.

La temperatura degli aggregati all'atto della miscelazione deve essere tale da garantire il perfetto mescolamento e adesione tra gli aggregati e bitume e deve essere dichiarata nello studio di laboratorio e deve essere adeguata al bitume impiegato.

Per la verifica delle suddette temperature gli essiccatori, le caldaie e le tramogge degli impianti devono essere muniti di termometri fissi perfettamente funzionanti e periodicamente tarati.

5.9.1.3 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario pulire e preparare la superficie di stesa, anche eliminando eventuale segnaletica orizzontale pregressa, allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. Sullo strato inferiore deve essere sempre stesa la mano d'attacco.

La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco – Emulsione cationica 55% - C 55 B 4				
Requisito	Norma	Unità di misura	Valore	Classe
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	---	Positiva	2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70 ÷ 130	4
Contenuto di legante (per contenuto di acqua)	UNI EN 1428	%	53 ÷ 57	4
Contenuto di legante (per distillazione)	UNI EN 1431	%	≥ 53	4
Contenuto olio distillato	UNI EN 1431	%	≤ 2	2
Tempo di efflusso (2mm, @ 40°C)	UNI EN 12846	s	15 ÷ 45	3
Residuo al setaccio (0,5 mm)	UNI EN 1429	%	≤ 0,2	3
Tendenza alla sedimentazione (dopo 7 gg)	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
Legante recuperato per distillazione				
Penetrazione a 25C	UNI EN 1426	dmm	≤ 220	5
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	C	≥ 35	6

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, schede tecniche e schede di sicurezza predisposte dal produttore dell'emulsione bituminosa. In ogni caso, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Tale documentazione deve essere fornita alla D.L. con congruo anticipo (almeno 15 giorni) rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvata dalla stessa D.L.. La loro presa visione ed approvazione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a $0,30 \div 0,45 \text{ kg/m}^2$ (corrispondente a $0,60 \div 0,80 \text{ kg/m}^2$ di emulsione bituminosa).

Il controllo dell'adesione tra lo strato di base e binder è verificato sulle carote prelevate dalla pavimentazione secondo le frequenze riportate nella tabella seguente:

Controllo periodico sull'aderenza degli strati				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE	FREQUENZA
Resistenza al taglio tra lo strato di base e binder	Leutner test VSS 70461	MPa	>0,7	1 carota prelevata a quinconce con passo 250 m

Per le modalità di posa in opera del materiale si veda par. 8.11 e 8.12.

5.9.1.4 Controlli

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella successiva. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Presa visione e controllo dei documenti inerenti la Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.		
Aggregato fino			
Filler			
Bitume			
Prodotti di integrazione	Presa visione e controllo dei documenti inerenti rapporti di prove eseguite obbligatoriamente dal produttore presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii., Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.		
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 150 mc di stesa oppure giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela*
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa	Spessore previsto in progetto, % vuoti residui, adesione tra lo strato di base e binder (prova Leutner)
* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti: - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = $\pm 1,5$ punti percentuali. 2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di $\pm 0,25\%$. 3. Modulo di rigidezza 20 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2 è tollerato uno scostamento di $\pm 20\%$. Per la prova di Modulo di rigidezza è ammesso anche il risultato di un solo campione di prova. 4. Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23) su campioni compattati a N2 è tollerato uno scostamento di $\pm 20\%$. Nel caso in cui il modulo di rigidezza a 20 °C e/o la resistenza a trazione indiretta a 25°C (su campioni compattati a N2) risultino non conformi è necessario eseguire la prova di fatica (UNI EN 12697-24 annesso E) a 20°C. La determinazione della curva di fatica, quindi del parametro ϵ_6, può essere eseguita su un numero di campioni ridotto, comunque non inferiore a 9. Sul parametro ϵ_6 determinato è tollerato uno scostamento di $\pm 10\%$.			

5.9.2 Conglomerato bituminoso per strati di usura con bitume tal quale

Lo strato di *usura in conglomerato bituminoso con bitume tal quale* è composto da una miscela di aggregati grosso, fine e filler (secondo le definizioni riportate nella Norma UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti ed altre aree soggette a traffico"), con bitume per uso stradale (con definizione e requisiti di cui alla Norma UNI EN 12591 "Bitume e leganti bituminosi - Specifiche per i bitumi per applicazioni stradali"), previo preriscaldamento degli aggregati, steso in opera mediante macchina vibrofinitrice e costipato con rulli gommati, combinati e metallici vibranti di idoneo peso.

5.9.2.1 Miscela

La miscela degli aggregati naturali, artificiali o di recupero, deve avere una composizione granulometrica determinata in

conformità alle norme UNI EN 13108-1 e UNI EN 12697-2, utilizzando i setacci appartenenti al gruppo base + 2, e deve essere possibilmente compresa nei limiti del fuso riportato di seguito:

FUSO GRANULOMETRICO USURA		
Apertura (mm)	LIMITE INF. (mm)	LIMITE SUP. (mm)
14	100	100
12,5	90	100
8	70	90
4	40	60
2	25	38
0,5	12	21
0,25	9	16
0,063	6	9
% bitume riferita alla miscela (*)	bmin $\geq$ 4,6	

(*) Nel caso si utilizzi più del 20% in peso di inerti ad elevato peso specifico, la quantità di bitume ottimale può essere anche inferiore al limite minimo indicato nella precedente tabella. In tal caso, la Direzione Lavori, ha la facoltà di verificare utilizzando il proprio laboratorio di fiducia la percentuale ottimale di bitume. Per tale ragione l'impresa è tenuta a presentare lo studio della miscela con congruo anticipo.

È facoltà della DL accettare anche una miscela con curva granulometrica non completamente rientrante nel fuso purchè vengano rispettate le caratteristiche volumetriche e meccaniche di seguito riportate.

La quantità ottima di bitume totale (compreso il bitume presente nel conglomerato bituminoso di recupero) deve essere determinata attraverso uno studio di laboratorio con metodo volumetrico ovvero mediante pressa giratoria; tale studio deve contenere le evidenze sperimentali di almeno 3 miscele tentativo con percentuali di bitume via via crescenti di almeno 0,3% rispetto al peso della miscela. La miscela selezionata è quella che soddisfa i requisiti volumetrici alle 3 diverse rotazioni (N1, N2, N3) e per questa miscela devono essere eseguite le prove meccaniche.

La miscela ottimale deve avere le seguenti caratteristiche:

Risultati richiesti	Unità di misura	Valore richiesto
Affinità bitume-aggregato – Spogliamento (UNI EN 12697-11)	%	≤ 5
Vuoti a N1 (UNI EN 12697-8)	%	$\leq 14 (V_{\max 14})$
Vuoti a N2 (UNI EN 12697-8)	%	$3 \div 6 (V_{\min 3} - V_{\max 6})$
Vuoti a N3 (UNI EN 12697-8)	%	$\geq 2 (V_{\min 2})$

Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23) su campioni compattati a N2	MPa	0,80 ÷ 1,70
Sensibilità all'acqua (UNI EN 12697-12) su campioni compattati a 50 rotazioni	%	≥ 90 (ITSR ₉₀)
Modulo di rigidezza a 20 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2	MPa	2700<E<5000
Modulo di rigidezza a 30 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2	MPa	E>1500

I limiti di accettazione delle prove di resistenza a trazione indiretta si riferiscono al materiale prelevato e compattato in cantiere o direttamente presso l'impianto di produzione; il limite di accettazione superiore aumenta di 0,25 MPa nel caso in cui il materiale prelevato in cantiere sia sottoposto a successivo riscaldamento in forno per produrre i campioni.

I limiti di accettazione delle prove di modulo di rigidezza si riferiscono al materiale prelevato e compattato in cantiere o direttamente presso l'impianto di produzione; il limite di accettazione superiore aumenta di 1000 MPa a 20°C nel caso in cui il materiale prelevato in cantiere sia sottoposto a successivo riscaldamento in forno per produrre i campioni.

L'appaltatore ha facoltà di inserire nella miscela di aggregati una quantità di materia riciclata recuperata o sottoprodotto superiore ai limiti minimi indicati dai CAM ma dovrà giustificare la prestazione per l'impiego di una maggiore quantità attraverso uno studio comparativo eseguito in laboratorio con prove di fatica, secondo UNI EN 12697-24 tra la miscela proposta e quella di riferimento ovvero quella con le percentuali minime di conglomerato bituminoso di recupero ammesse dai CAM.

Come riferimento per l'accettazione della miscela da parte del DL, per il conglomerato bituminoso per strati di base con bitume tal quale, il parametro di resistenza a fatica condotto con prove a flessione su travetto prismatico o trapezoidale alla temperatura di 10°C deve essere pari a:

Parametro	Unità di misura	VALORE LIMITE con bitume tal quale	VALORE LIMITE con bitume modificato
Resistenza a fatica su campioni compattati a N2 a 10°C	με	ε ₆ ≥ 80	ε ₆ ≥ 95

Su richiesta della Direzione Lavori, il Produttore dovrà determinare le caratteristiche prestazionali della miscela secondo i requisiti riportati nella seguente tabella:

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA PER LO STRATO DI USURA (Requisiti prestazionali facoltativi)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza alla deformazione permanente	UNI EN 12697-25 (proc. B)	f _{cmax}	μm/m/n	<0,8
<i>In alternativa</i>				
Resistenza alla deformazione	UNI EN 12697-22 (disp.)	WTS _{AIR}	mm/10 ³ cicli	<0,5

permanente (ormaiamento)	piccolo) a 60°C			
Le densità di riferimento delle miscele analizzate dovranno corrispondere a quelle della compattazione con pressa giratoria derivante dallo studio di mix design e corrispondente alla densità massima.				

CARATTERISTICHE DEL BITUME ESTRATTO DALLA MISCELA (Requisiti prestazionali facoltativi)				
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione del bitume estratto+distillato con rotavapor	UNI EN 1426	penn	dmm	± 10 dmm
Rammollimento del bitume estratto+distillato con rotavapor	UNI EN1427	R&B	°C	± 10°C
Ritorno elastico del bitume modificato estratto+distillato con rotavapor	UNI EN 13398	RE	%	± 10%
Il bitume dovrà essere estratto dal conglomerato bituminoso con solvente idoneo e successivamente distillato con metodo rotavapor prima di essere sottoposto alle prove di controllo.				

I limiti della temperatura, massimo in produzione e minimo alla stesa, devono essere conformi ai valori riportati al par. "TEMPERATURE DI PRODUZIONE"

Sullo stesso, in conformità alle disposizioni del CSA, vengono effettuati dei prelievi mediante carotaggio, in conformità alla UNI EN 12697-27, suddividendo l'area del Campo Prove in 3 equidistanti allineamenti longitudinali e trasversali. Sui campioni prelevati la DL richiede l'esecuzione di tutte le prove necessarie, a suo insindacabile giudizio, al fine di valutare la qualità del conglomerato bituminoso posato nel campo prove. I risultati, se approvati dalla DL, costituiranno accettazione delle condizioni di stesa per tutti i successivi interventi.

5.9.2.2 Preparazione delle superfici di stesa

Prima della realizzazione di uno strato di conglomerato bituminoso è necessario pulire e preparare la superficie di stesa, anche eliminando eventuale segnaletica orizzontale pregressa, allo scopo di garantire una adeguata adesione tra gli strati sovrapposti. Sullo strato inferiore deve essere sempre stesa la mano d'attacco.

La preparazione deve essere eseguita mediante l'applicazione di emulsioni bituminose tipo rapida rottura e deve avere le caratteristiche riportate nella seguente tabella:

Mano d'Attacco – Emulsione cationica 55% - C 55 B 4				
Requisito	Norma	Unità di misura	Valore	Classe
Polarità delle particelle	UNI EN 1430	---	Positiva	2

Indice di rottura	UNI EN 13075-1	---	70 ÷ 130	4
Contenuto di legante (per contenuto di acqua)	UNI EN 1428	%	53 ÷ 57	4
Contenuto di legante (per distillazione)	UNI EN 1431	%	≥ 53	4
Contenuto olio distillato	UNI EN 1431	%	≤ 2	2
Tempo di efflusso (2mm, @ 40°C)	UNI EN 12846	s	15 ÷ 45	3
Residuo al setaccio (0,5 mm)	UNI EN 1429	%	≤ 0,2	3
Tendenza alla sedimentazione (dopo 7 gg)	UNI EN 12847	%	≤ 10	3
<i>Legante recuperato per distillazione</i>				
Penetrazione a 25C	UNI EN 1426	dmm	≤ 220	5
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	C	≥ 35	6

Il possesso dei requisiti elencati nelle tabelle seguenti concernenti i materiali costituenti è verificato dalla Direzione Lavori sulla base dei valori riportati nella documentazione di Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, schede tecniche e schede di sicurezza predisposte dal produttore dell'emulsione bituminosa. In ogni caso, la Direzione Lavori può chiedere la certificazione delle relative prove da effettuarsi presso uno dei laboratori di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.

Tale documentazione deve essere fornita alla D.L. con congruo anticipo (almeno 15 giorni) rispetto all'inizio delle lavorazioni ed approvata dalla stessa D.L.. La loro presa visione ed approvazione non solleva comunque l'Impresa dalla responsabilità di ottenimento dei risultati prestazionali finali prescritti.

Il dosaggio deve essere tale che il bitume residuo risulti pari a $0,30 \div 0,45 \text{ kg/m}^2$ (corrispondente a $0,60 \div 0,80 \text{ kg/m}^2$ di emulsione bituminosa).

Il controllo dell'adesione tra lo strato di binder e usura è verificato sulle carote prelevate dalla pavimentazione secondo le frequenze riportate nella tabella seguente:

Controllo periodico sull'aderenza degli strati				
REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE	FREQUENZA
Resistenza al taglio tra lo strato di binder e usura	Leutner test VSS 70461	MPa	>0,7	1 carota prelevata a quinconce con passo 250 m

Per le modalità di posa in opera del materiale si veda par. 7.117.11

5.9.2.3 Controlli

Una volta accettato da parte della Direzione Lavori lo studio della miscela proposto, l'Impresa deve attenersi rigorosamente.

Il controllo della qualità dei conglomerati bituminosi e della loro posa in opera deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali costituenti, sulla miscela e sulle carote estratte dalla pavimentazione.

L'ubicazione dei prelievi e la frequenza delle prove sono indicati nella tabella successiva. Ogni prelievo deve essere costituito da due campioni; un campione viene utilizzato per i controlli presso un Laboratorio indicato dalla Direzione Lavori, l'altro resta a disposizione per eventuali accertamenti e/o verifiche tecniche successive.

Campione	Ubicazione prelievo	Frequenza prove	Requisiti da controllare
Aggregato grosso	Presa visione e controllo dei documenti inerenti la Marcatura CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP, Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all’art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.		
Aggregato fino			
Filler			
Bitume			
Prodotti di integrazione	Presa visione e controllo dei documenti inerenti rapporti di prove eseguite obbligatoriamente dal produttore presso uno dei laboratori di cui all’art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii., Schede Tecniche e di Sicurezza. Il Direttore Lavori ha facoltà di verificare i requisiti dichiarati presso uno dei laboratori di cui all’art. 59 del DPR n. 380/2001 e ss.mm. ed ii.		
Conglomerato sfuso	Vibrofinitrice	Ogni 100 mc di stesa oppure giornaliera	Caratteristiche risultanti dallo studio della miscela*
Carote	Pavimentazione	Ogni 250 m di stesa	Spessore previsto in progetto, % vuoti residui, adesione tra lo strato di binder e usura (prova Leutner)
Aderenza	Pavimentazione	puntuale (PTV secondo UNI EN 13036-4) ogni 100 m di stesa	PTV ≥ 55
Macrorugosità	Pavimentazione	Altezza in sabbia in continuo (MPD secondo UNI EN ISO 13473-1) oppure puntuale (HS secondo UNI EN 13036-1) ogni 100 m di stesa	HS** ≥ 0,40
* 1. Curva granulometrica: rispetto la prequalifica sono ammessi i seguenti scostamenti: - aggregato grosso = ± 3 punti percentuali; - aggregato fino = ± 2 punti percentuali; - passante al setaccio UNI 0,063 mm = ± 1,5 punti percentuali. 2. Percentuale di bitume: rispetto la prequalifica è tollerato uno scostamento di ± 0,25%. 3. Modulo di rigidezza a 20 °C (UNI EN 12697-26) su campioni compattati a N2 è tollerato uno scostamento di ± 20%. Per la prova di Modulo di rigidezza è ammesso anche il risultato di un solo campione di prova. 4. Resistenza a Trazione Indiretta a 25°C (UNI EN 12697-23) su campioni compattati a N2 è tollerato uno scostamento di ± 20%. Nel caso in cui il modulo di rigidezza a 20 °C e/o la resistenza a trazione indiretta a 25°C (su campioni compattati a N2) risultino non conformi è necessario eseguire la prova di fatica (UNI EN 12697-24 annesso E) a 20°C. La determinazione della curva di fatica, quindi del parametro ε₆, può essere eseguita su un numero di campioni ridotto, comunque non inferiore a 9. Sul parametro ε₆ determinato è tollerato uno scostamento di ± 10%.			
** La verifica dell’altezza in sabbia deve essere effettuata in un periodo temporale compreso tra il 15° e 180° giorno dall’apertura al traffico. Se determinata con macchinario ad alto rendimento, il valore è così determinato: HS = 0,2 + 0,8 MPD.			

6 CONTROLLO DEI REQUISITI DI ACCETTAZIONE E PENALI

6.1 Controllo dei requisiti di accettazione delle pavimentazioni

Tutti i materiali impiegati nelle lavorazioni sono soggetti a controlli da parte della DIREZIONE LAVORI, che si potrà avvalere di un laboratorio prove incaricato.

6.1.1 Studi preliminari di formulazione del conglomerato bituminoso

Come specificato nei singoli paragrafi delle diverse tipologie di materiali, l'Impresa ha l'obbligo di redigere preliminarmente (almeno 15 gg prima dell'impiego) gli studi di formulazione delle miscele che intende utilizzare.

Ogni composizione proposta deve essere corredata da una completa documentazione degli studi effettuati in laboratorio attraverso i quali si sono ricavate le ricette ottimali, così come specificato nella descrizione di ogni tipologia di materiale. Gli studi devono essere corredati di Marchio CE o in alternativa la Dichiarazione di prestazione DoP della miscela ottimale, oltre ai Marchi CE o in alternativa le Dichiarazione di prestazione DoP dei materiali impiegati (aggregati, filler, bitume, ecc.).

Gli studi presentati dall'impresa sono oggetto di valutazione da parte della Direzione Lavori che può richiedere, qualora quanto trasmesso non sia attinente alle prescrizioni richieste da queste Norme Tecniche, eventuali aggiustamenti prima della necessaria approvazione.

Una volta accettate, le formulazioni presentate dall'Impresa diventeranno, per la Direzione Lavori, il termine di paragone dei materiali impiegati rispetto cui effettuare i controlli.

L'impresa deve inoltre provvedere alla validazione delle composizioni ottimali in uscita, presso l'impianto, al fine di dimostrare che tali miscele siano realizzabili non solo in laboratorio ma anche all'impianto di produzione.

I requisiti, determinati mediante le prove iniziali di qualifica devono essere conformi alle caratteristiche descritte nelle presenti Prescrizioni tecniche.

Con la frequenza che giudicherà necessaria, la Direzione Lavori in prima persona, piuttosto che un laboratorio di sua fiducia, effettueranno periodici controlli delle bilance, delle tarature dei termometri dell'impianto, la verifica delle caratteristiche del bitume, la verifica dell'umidità residua degli aggregati minerali all'uscita dell'essiccatore ed ogni altro controllo ritenuto opportuno.

L'appaltatore deve quindi garantire sempre l'accesso all'impianto di confezionamento del conglomerato alla Direzione Lavori, piuttosto che al suo laboratorio incaricato.

Per ogni intervento, su richiesta della Direzione Lavori, l'Impresa deve fornire i report dell'impianto di confezionamento riportanti le pesate dei componenti il conglomerato, temperature e tempi di miscelazione. Frequenze dei controlli sui conglomerati bituminosi

Il Direttore dei Lavori oppure il Collaudatore in corso d'opera, secondo le rispettive competenze, controllerà che le opere vengano eseguite nel rispetto di quanto previsto dal presente capitolato.

I controlli della DL saranno eseguiti presso un Laboratorio riconosciuto dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti. Durante la produzione del conglomerato bituminoso ed in fase di esecuzione dei lavori saranno effettuate sistematiche ispezioni e prove sui materiali impiegati, su campioni di forniture e sul conglomerato bituminoso sciolto e costipato, intese a controllarne la rispondenza alla miscela ottimale validata ed alle caratteristiche richieste.

I controlli inerenti alle caratteristiche per l'accettazione dei materiali saranno effettuati prima dell'inizio dei lavori e/o in corso d'opera.

I risultati delle ispezioni, delle prove e della documentazione mediante certificati o rapporti di prova dovranno essere riportate su registro tenuto dal Direttore dei Lavori.

L'Impresa dovrà assicurare che i requisiti dei materiali costituenti, delle miscele e delle opere eseguite siano rigorosamente rispettati.

La Direzione Lavori procederà con l'esecuzione dei controlli periodici, a carico della Società, secondo le modalità descritte nei Piani dei controlli minimi di seguito specificati. La Direzione Lavori ha la facoltà di effettuare ulteriori accertamenti sui requisiti dei materiali e delle lavorazioni.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici da effettuare sui materiali costituenti sono riportati nella tabella seguente:

CONTROLLI PERIODICI SUI MATERIALI COSTITUENTI			
MATERIALE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI DA CONTROLLARE	FREQUENZA
Aggregato lapideo	Impianto di produzione	Composizione granulometrica	A richiesta della Direzione Lavori o in caso di prolungate interruzioni nella fornitura di aggregati
		Percentuale superfici frantumate	
		Coefficiente di appiattimento	
		Assorbimento d'acqua	
Legante bituminoso	Cisterna di stoccaggio	Penetrazione	A richiesta della Direzione Lavori
		Punto di rammollimento	
		Ritorno elastico	
		Viscosità	

La verifica di accettazione sulla miscela sarà effettuata per accertare che i requisiti della composizione ottimale validata ed accettata dalla Direzione Lavori, vengano rigorosamente rispettati mediante l'esecuzione di controlli periodici a frequenze stabilite e distinte in base al metodo prescelto per la caratterizzazione della miscela.

Tali valori dovranno essere verificati mediante prove sul conglomerato bituminoso prelevato all'impianto o al cantiere di stesa; la campionatura dovrà essere effettuata in conformità alla norma UNI EN 12697-27.

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici, da effettuare per la verifica di conformità ai requisiti definiti per le caratteristiche di ogni miscela, sono riportati nelle tabelle seguenti:

CONTROLLI PERIODICI SULLA MISCELA DI CONGLOMERATO SFUSO		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1; UNI EN 12697-2	- ogni t 400 (binder) - ogni t 200 (usura) o comunque giornaliera
Contenuto di legante	UNI EN 12697-1 o 39	
Addensamento e/o vuoti al numero di rotazioni di progetto Np.	UNI EN 12697-5, 6, 8	

Modulo di rigidità a 20° C	UNI EN 12697-26
----------------------------	-----------------

Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	UNI EN 12697-23
---	-----------------

La verifica degli spessori dello strato e delle caratteristiche di addensamento della miscela in opera saranno effettuati mediante carotaggio della pavimentazione eseguita. Il controllo sull'addensamento della miscela dovrà essere fatto mediante la determinazione del grado di compattazione o, in alternativa, mediante il calcolo dei vuoti residui secondo le modalità e frequenze riportate nelle seguenti tabelle:

CONTROLLI PERIODICI SUL GRADO DI ADDENSAMENTO		
(Grado di compattazione per confronto delle densità)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Grado di addensamento (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	Ogni m ² 1 000 o per fascia di stesa
Grado di addensamento (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità Dp della miscela compattata in laboratorio (addensamento teorico di progetto) e la densità della miscela compattata in opera riferita allo stesso lotto/giorno di produzione.		

CONTROLLI PERIODICI SUL GRADO DI ADDENSAMENTO		
(Vuoti residui del campione prelevato in opera)		
REQUISITO	METODO DI PROVA	FREQUENZA
Vuoti residui (massimo per ogni campione)	UNI EN 12697-8	Ogni m ² 1 000 o per fascia di stesa
Vuoti residui (media dei campioni)	UNI EN 12697-8	

Lo spessore dello strato, definito dal Progettista, sarà verificato secondo le frequenze riportate nella tabella seguente:

CONTROLLO PERIODICO SULLO SPESSORE DELLO STRATO

REQUISITO	METODO DI PROVA	UM	VALORE LIMITE	FREQUENZA
Spessore dello strato	UNI EN 12697-29	mm	Secondo progetto	Ogni m ² 1 000 o per fascia di stesa

6.1.2 Penali e sanzioni

La DL potrà a suo insindacabile giudizio provvedere all'esecuzione di tutte le prove di controllo dei materiali al fine di verificare la conformità dei materiali forniti dall'Impresa alle prescrizioni della presente norma tecnica. Nel caso che i lavori previsti dalle presenti Specifiche Tecniche allegate ai singoli progetti esecutivi e contrattid'Appalto non vengano eseguiti in ottemperanza ai requisiti di accettabilità richiesti, la Direzione Lavori in accordo al Responsabile del Procedimento effettuerà detrazioni sull'importo relativo alle quantità contestate in funzione della minore quantità o peggiore qualità relative ai materiali impiegati ed alla posa in opera. Nei casi più gravi imporrà all'Impresa la rimozione ed il rifacimento integrale del componente strutturale della pavimentazione contestato senza oneri aggiuntivi per l'Amministrazione Appaltante. Le penalità inerenti le deficienze riscontrate nell'esecuzione dei lavori e le relative detrazioni pecuniarie sono state, per eventuali valori eccedenti il campo di accettabilità dei materiali e dei conglomerati bituminosi per ogni strato, così articolato:

MATERIE PRIME			
Tipo di Materiale	Non conformità	Detrazione	Rifacimento pavimentazione
Aggregato grosso			
	Coefficiente LosAngeles > 30%	\	RIFACIMENTO DELMATERIALE APPLICATO NEL GIORNO DEL CONTROLLO
Aggregato fine			
	Equivalente in sabbia ≤ del 40%	\	RIFACIMENTO DELMATERIALE APPLICATO NEL GIORNO DEL CONTROLLO
CONGLOMERATO BITUMINOSO SFUSO			
Tipo di Materiale	Non conformità	Detrazione	Rifacimento pavimentazione
Contenuto di legante	Contenuto di legante compreso tra $\pm 0,30\%$ e $\pm 0,5\%$ rispetto al valore dichiarato nello studio o ITT.	Detrazione pari al 5,0% del prezzo dell'elenco prezzi per il materiale fornito nel giorno del controllo.	\
	Contenuto di legante superiore al $\pm 0,50\%$ rispetto al valore dichiarato nello studio o ITT.	\	RIFACIMENTO DEL MATERIALE APPLICATO NEL GIORNO DEL CONTROLLO
Composizione granulometrica	Variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato grosso superiori a $\pm 6\%$ per gli strati di binder e usura	Detrazione del 10% sul prezzo di elenco dei conglomerati a tutto il materiale steso cui il campione si riferisce	VALUTAZIONE A DISCREZIONE DELLA DIREZIONE LAVORI per scostamenti superiori o che comportino il superamento dei limiti del fuso, che pregiudichino la funzionalità e/o la vita utile del conglomerato

	Variazioni delle singole percentuali del contenuto di aggregato passante al setaccio UNI 2 mm comprese tra $\pm 3\%$ e $\pm 4\%$ e di aggregato passante al setaccio UNI 0,063 comprese fra $\pm 1,5\%$ e $\pm 2,5\%$, purché non vengano superati i limiti del fuso	Detrazione del 10% sul prezzo di elenco dei conglomerati a tutto il materiale steso cui il campione si riferisce	VALUTAZIONE A DISCREZIONE DELLA DIREZIONE LAVORI per variazioni superiori rispettivamente a $\pm 4\%$ e $\pm 2,5\%$, se accompagnate dal decremento delle caratteristiche meccaniche a valori inferiori a quanto previsto, per le singole miscele, qualora provocassero una significativa diminuzione della vita utile e/o pregiudicassero la funzionalità richiesta dalla tipologia della pavimentazione.
Modulo di rigidezza a 20° C e Resistenza alla trazione indiretta a 25 °C	Scostamento maggiore del $\pm 20\%$ rispetto ai valori di progetto	Detrazione pari al 15% sul prezzo di elenco relativo allo strato cui il campione si riferisce	\
CONGLOMERATO BITUMINOSO IN OPERA			
Tipo di Materiale	Non conformità	Detrazione	Rifacimento pavimentazione
Vuoti residui	Valore dei vuoti residui in opera compresi tra il 8,1% e l'10,0%	Detrazione pari al 5,0% del prezzo dell'elenco prezzi per il materiale fornito nel giorno del controllo.	\
	Valore dei vuoti residui in opera superiori all'10,1%	\	RIFACIMENTO DEL MATERIALE APPLICATO NEL GIORNO DEL CONTROLLO
	Spessore inferiore di una percentuale compresa tra il 5,0% e il 10% rispetto al Progetto	Detrazione pari al 10,0% del prezzo dell'elenco prezzi per il materiale fornito nel giorno del controllo.	\
	Spessore inferiore di una percentuale compresa tra il 10,1% e il 15% rispetto al Progetto	Detrazione pari al 20,0% del prezzo dell'elenco prezzi per il materiale fornito nel giorno del controllo.	\

Spessore della pavimentazione**	Spessore inferiore di una percentuale superiore al 15% rispetto al Progetto	\	RIFACIMENTO DEL MATERIALE APPLICATO NEL GIORNO DEL CONTROLLO
---------------------------------	---	---	--

** nel caso venissero individuati spessori che richiedessero la rimozione dello strato applicato, si procederà all'esecuzione di altri campionamenti in contraddittorio con l'Impresa. Tali costi saranno a carico dell'Impresa.

Se tali risultati confermeranno la non adeguatezza della lavorazione l'Impresa sarà tenuta al totale rifacimento del tratto ritenuto non idoneo.

*** nel caso i risultati ottenuti sulle due carote risultassero anomali, la D.L. potrà richiedere l'esecuzione di nuovi campioni.

6.1.3 Controllo dei requisiti prestazionali delle pavimentazioni

Al fine di rispondere alle caratteristiche strutturali e funzionali indicate nel progetto esecutivo, la DL ha facoltà di richiedere l'esecuzione di misure ad alto rendimento per caratterizzare la regolarità e la portanza (intesa come comportamento elastico della pavimentazione sottoposta a carichi analoghi a quelli di progetto).

La regolarità potrà essere indagata con sistemi ad alto rendimento solo per tratte di intervento superiori a 1000 m continui, sia per interventi di nuove strade o di risanamento profondo di pavimentazioni esistenti o in caso di risanamento superficiale, ossia di rifacimento di binder e usura o della sola usura.

La portanza può essere misurata per interventi di nuove strade o di risanamento profondo di pavimentazioni esistenti; in caso di risanamento superficiale con rifacimento di binder e usura per uno spessore di almeno 10 cm complessivi, la portanza potrà essere richiesta solo laddove sia presente la misurazione pre-intervento al fine di effettuare un confronto sulla qualità del lavoro.

Tali controlli non si applicano alle riparazioni superficiali di emergenza finalizzate al ripristino immediato dell'aderenza e della regolarità superficiali ai fini della sicurezza della circolazione.

6.1.3.1 Regolarità

La regolarità della superficie di rotolamento può essere misurata con regolo da 3 m. La superficie non deve discostarsi di oltre 4 mm dall'intradosso del regolo da 3m

Regolarità della superficie (regolo da mm 3000)	UNI EN 13036-7	<4 mm
--	----------------	-------

6.1.3.2 Portanza

L'esecuzione di un'indagine ad alto rendimento con H.W.D. (Heavy Falling Weight Deflectometer) o FWD ha lo scopo di valutare la portanza dell'infrastruttura ed in particolare le caratteristiche elastiche degli strati componenti il pacchetto stradale; per gli strati in conglomerato bituminoso il modulo elastico deve essere considerato equivalente ovvero relativo alla somma degli spessori (purché gli strati siano collegati tra loro) con spessore minimo pari a 10 cm.

L'indagine è eseguita con macchinario dotato di 9 geofoni, misuratori di abbassamento (deflessione), montati in linea ad

una distanza prefissata dalla piastra di carico (le distanze dal centro piastra in mm sono: 0, 200, 300, 450, 600, 900, 1200, 1500, 1800).

Le misure sono effettuate di norma su un allineamento disposto centralmente rispetto alla larghezza dell'intervento, o, in caso di dubbi sulla buona riuscita ai bordi, può anche essere effettuate nella parte laterale ad almeno 50 cm dal bordo, comunque, i risultati ottenuti varranno per l'accettazione di tutta la larghezza di intervento.

L'altezza di caduta della massa battente è tarata in modo da ottenere una pressione sotto la piastra di carico fino a 2800 kPa. La pressione dovrà essere calibrata e concordata con la DL o, nel caso, con il progettista dell'opera prima di ogni misurazione.

Il passo di battuta di indagine è di 20 m o 50 m a base alle indicazioni fornite dalla DL o prescritte in progetto.

I bacini di deflessione sono elaborati con un procedimento di back-analysis ai fini di ottenere i valori dei moduli elastici degli strati costituenti la pavimentazione. I moduli dei conglomerati bituminosi sono calcolati sia alla temperatura di indagine e sia ricondotti alla temperatura standard di 20 °C.

Le elaborazioni devono riportare: la tipologia e gli spessori in cui è stata suddivisa la pavimentazione per l'elaborazione dei dati, il carico di picco e la pressione di battuta della massa, le deflessioni dei geofoni, la temperatura dell'aria e dei conglomerati bituminosi, i moduli elastici calcolati per tutti gli strati.

L'indagine andrà eseguita in condizioni di temperatura dei conglomerati bituminosi fino a 40 °C.

I valori dei moduli elastici degli strati del pacchetto stradale calcolati devono risultare conformi con quelli di progetto, ai fini di confermare i valori di portanza attesi. Ove il progetto non indicasse i valori di modulo elastico degli strati, la valutazione degli esiti sarà a discrezione della DL dopo eventuale confronto con il progettista dell'intervento.

Nel caso in cui i risultati dovessero essere inferiori ai valori attesi e previsti in progetto, anche a fronte della conformità dei materiali posati e delle prove di controllo eseguite sulle lavorazioni, è facoltà della DL prevedere ulteriori indagini di approfondimento e, a seguito delle quali, adottare le misure correttive o le penali ritenute congrue. Le prove di approfondimento eventualmente necessarie sono eseguite da un laboratorio scelto dalla DL e le spese poste a carico dell'Impresa.

6.1.3.3 Acustica

A seguito dell'approvazione dei nuovi Criteri Ambientali Minimi Strade del D.M. n. 279 del 5 agosto 2024 sono stati introdotto limiti di emissione acustica delle pavimentazioni: tali limiti dovranno essere applicati alle miscele per strati di usura di tipo chiuso installate sia su strade della rete primaria (categoria A – B – D del Codice della strada) che su strade di altre categorie nei tratti interessati dall'attuazione dei Piani di Contenimento ed Abbattimento del Rumore (PCAR). Inoltre la stazione appaltante può chiedere la conformità a tale criterio anche per le strade di categoria C1 e per le miscele di tipo poroso o semi poroso.

A tal fine, la miscela deve garantire, fatte salve le prestazioni meccaniche e funzionali dello strato di usura necessarie per la sicurezza, un livello di emissione acustica LCPX, rilevabile con il metodo Close Proximity (CPX) secondo la norma UNI EN ISO 11819-2, inferiore ai valori limite espressi nella seguente tabella:

Valori per le miscele per strati di usura di tipo chiuso

Velocità in km/h	40	50	60	70	80	90	110	130
L _{CPX} + 0 limite in dB(A)	88,0	91,0	93,5	96,0	97,5	99,0	101,5	103,5

Il valore L_{CPX} + 0 si riferisce al tempo zero di apertura al traffico. Le prove devono mettere in evidenza che i risultati sperimentali rispettino il livello dichiarato in progetto di L_{CPX} + 0 dB(A).

7 GEOMEMBRANA BITUMINOSA TERMOADESIVA ANTIPUMPING

7.1 Descrizione e campo d'impiego

Rinforzo e impermeabilizzazione di pavimentazione stradale mediante posa all'interfaccia tra strati di conglomerato bituminoso di un geocomposito rinforzato costituito da una geomembrana prefabbricata elastomerica autotermodadesiva antipumping, la cui adesione viene attivata dal calore dello strato superiore di conglomerato bituminoso steso a caldo, a base di bitume distillato e polimeri elastomerici SBS, con armatura composita costituita da una geogriglia tessuta in fibra di vetro (maglia 12,5×12,5 mm ca.) e tessuto non tessuto di poliestere ad alta resistenza, con faccia inferiore spalmata di un ulteriore strato di miscela autotermodadesiva a base di elastomeri e resine tackificanti, protetta da film siliconato e faccia superiore ricoperta con un fine strato minerale, tranne una striscia laterale di sovrapposizione protetta da film siliconato.

7.2 Caratteristiche meccaniche

Armatura			Tessuto di vetro e tessuto non tessuto di poliestere
Spessore	EN 1849-1	±0,2	2.5 mm
Dimensioni rotoli	EN 1848-1	≥	1.05×15 m
Impermeabilità	EN 1928 - B	≥	60 kPa
Forza a trazione massima L/T (*)	EN 12311-1	±10%	2000/2000 N/50 mm
Allungamento a trazione L/T	EN 12311-1	±10%	4/4%
Resistenza al punzonamento statico	EN 12730 - B		20 kg
Flessibilità a freddo	EN 1109	≤	-25°C
• dopo invecchiamento	EN 1296-1109	+15°C	-20°C
Res. allo scorr. ad alte temp.	EN 1110	≥	100°C
• dopo invecchiamento	EN 1296-1110	-10°C	90°C
Euroclasse di reazione al fuoco	EN 13501-1		E

Caratteristiche specifiche per Geotessili e prodotti relativi ai geotessili (EN 15381)

Resistenza a trazione	EN 13934-1	≥	33/40 kN/m
Comp. per condiz. termico	UNI EN 12236	-0,2 kN	1,5 kN
Ritenzione di bitume	EN 15381	>	1,5 l/m²

Caratteristiche prestazionali dopo condizionamento termico a 160° con curva di raffreddamento simile a quella misurata sperimentalmente dal SITEB sul conglomerato bituminoso

Impermeabilità all'aria giunzioni di testa e laterali	Vacuum test EN 12730	≥	15 kPa
Impermeabilità dinamica giunzioni di testa e laterali	EN 14694	≥	500 kPa
Prova di pelage su acciaio	UEAtc technical guide	≥	120 N/5 cm

Caratteristiche prestazionali tra due strati di conglomerato, resistenza alla propagazione delle fessure di riflessione - Asfalto fessurato (Università Politecnica delle Marche)

Anti-reflective Cracking Test (520 N a 30°C)		> 12 600 cicli
--	--	----------------

Caratteristiche prestazionali tra due strati di conglomerato, resistenza alla fessurazione - Asfalto nuovo (Università Politecnica delle Marche) - Prova dinamica flessionale su 4 punti (4PB)

Frequenza 1 Hz - Temp. 20°C carico max 0.8 kN		32 685 cicli
Frequenza 1 Hz - Temp. 20°C carico max 1.6 kN		24 803 cicli
Res. a taglio di picco all'interfaccia su conglomerato mis. con prova ASTRA	UNI EN 12697-48	$\tau_{peak} \geq 0,42 \text{ MPa}$ (T = 20°C; sforzo normale $\sigma = 0,2 \text{ MPa}$)

Prova dinamica di flessione su 4 punti (Four Point Bending Test 4PB) EN 12697-24- (Università di Padova)

Numero di cicli prima della rottura		
Temp. 20° 10 Hz - 400 μ strain		140.902

7.3 Modalità di applicazione

Applicare la membrana bituminosa sulla pavimentazione esistente asciutta e pulita (assenza di sostanze contaminanti quali olio, polvere, detriti, ecc...), previa stesa mano d'attacco in emulsione bituminosa acida. Prevedere fissaggio con fiamma ossidrica dell'estremità iniziale del nastro alla pavimentazione esistente e stendere uniformemente con una temperatura della superficie di posa in ogni caso superiore ai 10 °C, evitando la formazione di pieghe. È raccomandata una zona di sormonto longitudinale fra fogli adiacenti di almeno 7 cm ed una sovrapposizione di testa fra fogli consecutivi di almeno 10 cm effettuata in modo che il lembo superiore sia disposto lungo il senso di marcia della finitrice. Al fine di evitare l'incrocio dei sormonti di testa è opportuno procedere alla stesa dei rotoli sfalsandoli dall'inizio di almeno 50 cm.

8 SEGNALETICA ORIZZONTALE STRADALE

8.1 Normativa di riferimento

- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285: Nuovo Codice della Strada e successive modificazioni;
- UNI EN 1436:2018: Materiali per segnaletica orizzontale - Prestazioni della segnaletica orizzontale per gli utenti della strada e metodi di prova;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada;
- D.P.R. 16/09/1996 n. 610: Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada;
- UNI EN 1423:2012: Materiali per segnaletica orizzontale - Materiali da postspruzzare - Microsfere di vetro, granuli antiderapanti e loro miscele;
- UNI EN 1424:2004: Materiali per segnaletica orizzontale - Microsfere di vetro da premiscelare;
- ASTM D1155-10(2015): Standard Test Method for Roundness of Glass Spheres;
- UNI EN 1871:2002: Materiali per segnaletica orizzontale - Proprietà fisiche.

8.2 Prescrizioni generali

La segnaletica orizzontale sarà costituita da strisce longitudinali, strisce trasversali ed altri segni come indicato all'art. 40 del nuovo Codice della Strada ed all'art. 137 del Regolamento di attuazione e successive modifiche e integrazioni.

Per regola generale nell'esecuzione dei lavori e delle forniture l'Impresa dovrà attenersi alle migliori regole dell'arte nonché alle prescrizioni che di seguito vengono date per le principali categorie di lavori.

Per tutte le prestazioni, l'Impresa dovrà seguire i migliori procedimenti prescritti dalla tecnica e dalla normativa vigente attenendosi agli ordini che all'uopo impartirà la Direzione Lavori.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

La segnaletica orizzontale comprende linee longitudinali, frecce, linee trasversali, messaggi e simboli posti sulla superficie stradale, ecc.

La segnaletica orizzontale può essere realizzata mediante l'applicazione di pittura, materiali termoplastici, materiali plastici indurenti a freddo, linee e simboli preformati o mediante altri sistemi. Deve essere di colore bianco e solo in casi particolari possono essere usati altri colori.

La segnaletica orizzontale deve essere sempre dotata di microsfere di vetro, in modo da garantire la retroriflessione nel momento in cui questa viene illuminata dai proiettori dei veicoli.

La retroriflessione in condizioni di pioggia o strada bagnata può essere migliorata con sistemi speciali, per esempio con rilievi catarifrangenti posti sulle strisce (barrette profilate), adoperando microsfere di vetro di dimensioni maggiori o con altri sistemi. In presenza di rilievi, il passaggio delle ruote può produrre effetti acustici o vibrazioni; questo tipo di segnaletica verrà espressamente richiesta nell'appalto e potrà anche essere usata solo in punti ben definiti del tratto da segnalare.

8.3 Qualità e provenienza dei materiali

I materiali da impiegare per i lavori compresi nell'appalto dovranno corrispondere, per caratteristiche, alle prescrizioni contenute nel presente Capitolato, e a quanto stabilito nelle leggi e regolamenti ufficiali vigenti in materia; in mancanza di particolari prescrizioni dovranno essere delle migliori qualità in commercio in rapporto alla funzione a cui sono destinati.

In ogni caso i materiali, prima della posa in opera, dovranno essere accettati dalla Direzione Lavori; prima dell'inizio dei lavori, l'impresa appaltatrice indicherà alla Direzione Lavori il produttore o la fabbrica dei materiali da cui intenderà rifornirsi per l'intera durata dell'appalto; ai fini della preventiva accettazione dovrà produrre la certificazione di qualità dei materiali, prodotta direttamente dal fornitore, accompagnata da certificati di prova rilasciati da laboratori riconosciuti.

La DL si riserva di verificare la rispondenza dei requisiti ritenuti di volta in volta necessari.

Qualora la Direzione dei Lavori abbia rifiutato una qualsiasi provvista come non atta all'impiego, l'Impresa dovrà sostituirla con altra che corrisponda alle caratteristiche volute: i materiali rifiutati dovranno essere allontanati immediatamente dal cantiere a cura e spese della stessa Impresa.

Tutte le forniture ed i lavori in genere, principali ed accessori previsti o eventuali, dovranno essere eseguiti a perfetta regola d'arte, con materiali e magisteri appropriati e rispondenti alla specie di lavoro che si richiede ed alla loro destinazione.

8.4 Accertamenti preliminari durante il corso e a termine dei lavori

PROVE DEI MATERIALI

In relazione a quanto prescritto nel precedente articolo circa le qualità e le caratteristiche dei materiali, per la loro accettazione l'Impresa è obbligata a prestarsi in ogni tempo alle prove dei materiali impiegati o da impiegare.

I campioni saranno prelevati in contraddittorio, anche presso gli stabilimenti di produzione per cui l'Impresa si impegna a garantire l'accesso presso detti stabilimenti ed a fornire l'assistenza necessaria.

L'utilizzo di materiali riconosciuti validi e accettati dalla Direzione Lavori non esimerà l'Impresa dall'ottenimento dei valori prestazionali prescritti su strada che sono lo scopo delle lavorazioni.

VERIFICA D'IDONEITÀ DEL SUPPORTO E DELLE CONDIZIONI AMBIENTALI

Prima di iniziare un lavoro di posa della segnaletica orizzontale, l'Impresa deve effettuare le seguenti verifiche:

- verificare se lo stato della segnaletica preesistente, qualora presente, permette una sovrapposizione del prodotto senza rischi per la buona riuscita dell'applicazione stessa, tenendo in considerazione la compatibilità dei prodotti;
- verificare il tipo di supporto (conglomerato bituminoso, conglomerato bituminoso drenante, calcestruzzo, pietra) e la sua compatibilità con il materiale da applicare;
- accertarsi delle condizioni fisiche della superficie, per esempio che non ci sia presenza di crepe o irregolarità che possano ostacolare l'applicazione del materiale;
- verificare che il supporto risulti perfettamente pulito, privo cioè di agenti inquinanti quali per esempio macchie d'olio o di grasso, o resine provenienti dagli alberi, che possano influenzare la qualità della stesa;
- poiché la maggior parte dei materiali è incompatibile con l'acqua, verificare che il supporto sia asciutto e che la sua temperatura rientri nell'intervallo previsto per l'applicazione del materiale come risulta dalla scheda tecnica

del produttore;

- rilevare i valori di temperatura del supporto ed umidità relativa dell'aria prima della stesa, che devono rientrare nell'intervallo previsto per il prodotto da utilizzare (vedere scheda tecnica del produttore);

Nel caso in cui non si siano verificate le condizioni idonee all'applicazione, l'Impresa non deve procedere all'esecuzione del lavoro e deve avvisare la Direzione Lavori per avere istruzioni.

8.5 Materiali per la segnaletica orizzontale

La segnaletica orizzontale sarà costituita da strisce longitudinali, strisce trasversali ed altri simboli ed iscrizioni. Le caratteristiche fotometriche, colorimetriche, di scivolosità e di durata dei materiali da usare per i segnali orizzontali, dovranno essere conformi alle prescrizioni del presente Capitolato.

Le caratteristiche fotometriche, colorimetriche e di resistenza al derapaggio dovranno essere conformi alle prescrizioni generali previste dalla norma UNI EN 1436-07 relativamente alle classi indicate nella scheda tecnica. Tali caratteristiche si intendono in opera per il periodo di garanzia previsto. Le caratteristiche dovranno essere comprovate dalle relative certificazioni rilasciate da Laboratori ufficiali autorizzati.

La segnaletica andrà realizzata nelle zone di progetto e/o in quelle richieste dalla DL.

L'Appaltatore sarà libero di utilizzare materiali di sua scelta, nell'ambito della tipologia di prodotto indicata nell'appalto. I bordi delle strisce, linee di arresto, zebraure, scritte ecc., dovranno risultare nitidi e la superficie verniciata uniformemente coperta.

8.6 Prove ed accertamenti per la tracciabilità dei materiali

Il prodotto che sarà utilizzato per l'esecuzione della segnaletica orizzontale, dovrà essere accompagnato da una scheda tecnico applicativa del prodotto rilasciata dal produttore contenente almeno le seguenti informazioni relative al prodotto verniciante bagnato, alla pellicola risultante dopo l'essiccazione:

Dati da prove di laboratorio:

- potere coprente del prodotto in m²/kg
- viscosità
- densità
- residuo secco
- tempo di essiccazione
- fattore di luminanza

Caratteristiche indicate dal produttore:

- percentuale di diluizione e tipo di diluente raccomandato dal produttore

- tipi e quantità di sfere di vetro da usare nel caso di postspruzzatura

Dati da prove prestazionali su strada (UNI 1436-07):

- resistenza al derapaggio
- coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa Qd
- coefficiente di retroriflessione RL

I dati derivati da prove prestazionali sono derivati seguendo i criteri previsti dalla UNI EN 1436-07.

Il materiale fornito dovrà soddisfare i requisiti indicati nella scheda tecnica presentata alla D.L. ed essere conforme alla dichiarazione delle caratteristiche dichiarate dal Produttore.

Qualora il materiale non risulti conforme ad una o più caratteristiche richieste, l'Ente Appaltante, a suo insindacabile giudizio, potrà imporre la sostituzione con altro materiale idoneo senza che ciò comporti spese aggiuntive rispetto a quelle concordate.

8.7 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE

Il materiale da impiegare potrà contenere sfere di vetro premiscelate durante il processo di fabbricazione o subire il processo di postspruzzatura durante l'applicazione, cosicché dopo l'essiccamento e successiva esposizione delle sfere di vetro, dovuta all'usura dello strato superficiale del prodotto stesso sullo spartitraffico, queste svolgano effettivamente una efficiente funzione di guida nelle ore notturne agli autoveicoli, sotto l'azione della luce dei fari.

Il materiale non dovrà scolorire sotto l'azione dei raggi UV.

Il materiale non dovrà assorbire grassi, oli ed altre sostanze tali da causare la formazione di macchie e la sua composizione chimica dovrà essere tale che, applicata sulla pavimentazione stradale, anche nei mesi estivi, non presenti tracce di inquinamento da sostanze bituminose, e non dovrà permettere l'affioramento del legante bituminoso.

8.8 PRESTAZIONI DELLA SEGNALETICA ORIZZONTALE

Il presente articolo richiama la norma europea UNI EN 1436/2007 e l'obbligo dell'appaltatore al rispetto integrale della stessa norma.

La norma specifica le prestazioni che la segnaletica orizzontale di colore bianco e giallo deve possedere per garantire all'utente della strada una buona funzionalità.

La segnaletica orizzontale deve essere efficiente fin dalla posa in opera ed i requisiti richiesti devono essere mantenuti per tutta la vita funzionale prevista ed espressamente indicata.

Vengono di seguito definiti tali requisiti, in base a quanto previsto dalla Norma UNI EN 1436/2007.

Gli standard prestazionali richiesti sono la riflessione in condizioni di luce diurna e di illuminazione artificiale, la retroriflessione in condizioni di illuminamento mediante i fari degli autoveicoli, e la resistenza al derapaggio.

8.9 REQUISITI

I requisiti che la segnaletica orizzontale deve possedere, definiti SOGLIE DI ACCETTABILITA', ai sensi della norma europea sopra specificata, UNI EN 1436/2007, riguardano le prestazioni che la stessa deve rispettare durante la sua durata di vita funzionale, espressi attraverso parametri che rappresentano diversi aspetti prestazionali della segnaletica orizzontale in termini di classi di prestazioni. Tali valori minimi dovranno essere rispettati indipendentemente dall'eventuale usura causata dalle operazioni di manutenzione invernale del piano viabile e se l'usura è eccessiva, dovranno essere ripristinati a cura e spese dell'Impresa, in modo da mantenere i livelli di visibilità richiesti.

Le misure potranno essere fatte per ogni requisito elencato, ad insindacabile giudizio della DL.

Per le verifiche dei parametri prestazionali è previsto il metodo puntuale che permette di rilevare i parametri

Qd,	Coefficiente di luminanza è la misura della riflessione alla luce del giorno o in presenza di illuminazione stradale. Il coefficiente di luminanza in condizioni di illuminazione diffusa rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli alla luce del giorno tipica o media o in presenza di illuminazione stradale.
RL	La retroriflessione in condizioni di illuminazione con i proiettori dei veicoli, misurata mediante il coefficiente di luminanza retroriflessa RL. Il coefficiente di luminanza retroriflessa rappresenta la luminosità di un segnale orizzontale come viene percepita dai conducenti degli autoveicoli in condizioni di illuminazione con i proiettori dei propri veicoli.
SRT	La resistenza al derapaggio è la misura dell'aderenza superficiale della linea.

CONTROLLI SULLA SEGNALETICA BIANCA

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 1436-07)
coefficiente di luminanza in luce diffusa	UNI EN 1436-07	Qd	mcd m ⁻² *lx ⁻¹	≥100	Q2
coefficiente di luminanza retroriflessa in pavimentazione asciutta	UNI EN 1436-07	RL	mcd m ⁻² *lx ⁻¹	≥100	R2
coefficiente di luminanza retroriflessa in pavimentazione bagnata	UNI EN 1436-07	RL	mcd m ⁻² *lx ⁻¹	≥35	RW2

coefficiente di luminanza retroreflessa in pavimentazione in caso di pioggia	UNI EN 1436-07	RL	$\text{mcd m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$	≥ 35	RRL2
resistenza al derapaggio	UNI EN 1436-07	SRT	-	≥ 55	S3

Nota 1: 'in caso di pioggia' si intende per una pioggia di 20mm/h dopo un'esposizione del macchinario di 5 minuti.

Nota 2: ogni singola verifica deve risultare dalla media di cinque sondaggi eseguiti nel tratto stradale scelto per il controllo, in punti diversi. In ogni sondaggio devono essere effettuate minimo quindici letture dei valori di retroreflessione RL.

Simboli

Per ogni simbolo, il valore di retroreflessione sarà dato dalla media di minimo tre letture.

Lettere

Per ogni lettera, il valore di retroreflessione sarà dato dalla media di minimo tre letture.

Strisce trasversali

Per ogni striscia trasversale, il valore di retroreflessione sarà dato dalla media di minimo quindici letture.

Frecce direzionali

Per ogni freccia direzionale sulla piattaforma, il valore di retroreflessione sarà dato dalla media di minimo cinque letture.

CONTROLLI SULLA SEGNALETICA GIALLA					
REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE	CATEGORIA (UNI EN 1436-07)
coefficiente di luminanza in luce diffuse	UNI EN 1436-07	Qd	$\text{mcd m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$	≥ 80	Q1
coefficiente di luminanza retroreflessa in pavimentazione asciutta	UNI EN 1436-07	RL	$\text{mcd m}^{-2} \cdot \text{lx}^{-1}$	≥ 80	R1
resistenza al derapaggio	UNI EN 1436-07	SRT	-	≥ 55	S3

I controlli sulle caratteristiche prestazionali della segnaletica orizzontale dovranno essere condotti nel periodo che intercorre tra la loro applicazione e per i 2 mesi successivi (60 gg). Ad un anno di distanza dalla posa in opera i valori caratteristici di Qd, RL dovranno essere non inferiori al 20% e SRT non inferiore a 45.

CONDIZIONI DI PROVA

Strisce longitudinali

METODO DI MISURAZIONE DELLA RESISTENZA AL DERAPAGGIO SRT

Per la misurazione della resistenza al derapaggio SRT, si rimanda alla norma europea UNI EN 1436/2004.

L'apparecchiatura di prova è costituita da un pendolo oscillante provvisto di un cursore di gomma all'estremità libera. Viene misurata la perdita di energia causata dall'attrito del cursore su una lunghezza specificata della superficie stradale. Il risultato è espresso in unità SRT.

9 SEGNALETICA VERTICALE STRADALE

9.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- Decreto Legislativo 30 aprile 1992 n. 285: Nuovo Codice della Strada e successive modifiche ed integrazioni;
- D.P.R. 16/12/1992 n. 495: Regolamento di esecuzione e di attuazione del Nuovo Codice della Strada;
- D.P.R. 16/09/1996 n. 610: Regolamento recante modifiche al decreto del Presidente della Repubblica 16 dicembre 1992, n. 495, concernente il regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo Codice della strada;
- UNI EN 12899-1:2008: Segnaletica verticale permanente per il traffico stradale - Parte 1: Segnali permanenti.

9.2 GENERALITÀ

Tutti i segnali verticali devono essere rigorosamente conformi alle prescrizioni dell'articolo 39 del Nuovo Codice della Strada, e degli articoli 77 ÷ 136 del Regolamento di Esecuzione.

Il Direttore dei Lavori si riserva la facoltà di far eseguire prove di qualsiasi genere presso riconosciuti Istituti specializzati, competenti e autorizzati, allo scopo di conoscere la qualità e la resistenza dei materiali impiegati e ciò anche dopo la provvista a piè d'opera, senza che l'Appaltatore possa avanzare diritti a compenso per questo titolo.

L'Appaltatore è tenuto ad accettare in qualsiasi momento eventuali sopralluoghi disposti dal Direttore dei Lavori atti ad accertare la consistenza e la qualità delle attrezzature e dei materiali in lavorazione usati per la fornitura.

I materiali impiegati per la segnaletica verticale dovranno essere, infine, conformi anche a quanto specificato e disposto dalla Circolare Ministeriale Prot. n.4867/RU del 5 agosto 2013 riguardante la fornitura e posa in opera di segnaletica stradale.

9.3 PARTI METALLICHE DEI SEGNALE

I segnali saranno costruiti in ogni loro parte in lamiera di alluminio dello spessore pari a 10/10mm, 25/10mm, 30/10mm. Ogni segnale dovrà essere rinforzato in ogni suo perimetro con una bordatura di irrigidimento realizzata a scatola che sarà ottenuto mediante piegatura dei bordi del segnale, nelle dimensioni prescritte per ogni cartello, e non inferiore a 1,5 cm per dischi e triangoli e a 2 cm per i pannelli.

9.4 RINFORZO SUL RETRO

Costituito da traverse orizzontali in lamiera di alluminio dello spessore di 30/10mm dello sviluppo di 15 cm, piegate e applicate al cartello nel numero e nella lunghezza necessari a mezzo saldatura elettrica per punti. Le traverse di rinforzo sul retro dovranno portare i relativi attacchi speciali per l'adattamento ai sostegni o alle intelaiature di sostegno. Gli attacchi dovranno essere corredati dai necessari bulloni zincati, e relative rondelle pure zincate, dovranno essere eseguiti in modo tale da non richiedere alcuna foratura dei cartelli oppure degli accessori. Inoltre dovranno essere dotati delle opportune staffe o cravatte. Nel caso di applicazione di due pannelli a facce opposte e alla stessa altezza sugli stessi sostegni, si dovranno adottare cravatte doppie.

La lamiera di alluminio dovrà essere resa scabra, mediante carteggiatura meccanica, e sgrassata a fondo. Il retro e la

scatolatura dei cartelli saranno ulteriormente rifiniti in colore grigio neutro con speciale smalto sintetico. A scelta del Direttore dei lavori potranno essere impiegati, per i segnali di indicazione, elementi profilati in estruso di alluminio modulari e connettabili, senza forature, esenti di verniciatura sul retro, con speciali morsetti per formare superfici di qualsiasi dimensione ed aventi spessore non inferiore a 20/10mm.

9.5 FINITURA DEI SEGNALI

Sulla faccia a vista dei supporti metallici dovranno essere applicate pellicole retroriflettenti aventi le caratteristiche di cui al Decreto del Ministero LL.PP. relativo al Disciplinare tecnico sulle modalità di determinazione dei livelli di qualità delle pellicole retroriflettenti impiegate per la costruzione dei segnali stradali, e dovranno risultare prodotte da aziende in possesso di un sistema di qualità conforme alle norme UNI/EN ISO 9000.

Sui triangoli e i dischi della segnaletica di pericolo, divieto e 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 purché questa abbia le stesse caratteristiche di durata garantite dalla pellicola retroriflettente sulla quale sarà applicata. I segnali di forma triangolare, circolare ed i pannelli esplicativi dei segnali triangolari, quadri e rettangolari, dovranno essere conformi alle tipologie previste dal Regolamento di esecuzione ed attuazione del nuovo Codice della Strada.

Quando i segnali di indicazione, e in particolare le frecce di direzione, risultano di tipo perfettamente identico, il Direttore dei lavori, dopo aver valutato la congruità del quantitativo, potrà richiedere la realizzazione dei segnali con metodo serigrafico.

Il Direttore dei lavori si riserva la facoltà di prelevare campioni della fornitura effettuata, i campioni saranno prelevati in contraddittorio. Le diverse prove ed analisi da eseguire sui campioni saranno prescritte ad esclusivo giudizio del Direttore dei lavori.

9.6 CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEI SOSTEGNI

I sostegni dei segnali dovranno essere dimensionati per resistere ad una velocità del vento di 150km/h pari ad una pressione dinamica di 140kg/m². ("Norme tecniche relative ai criteri generali per la verifica di sicurezza delle costruzioni e dei carichi e sovraccarichi").

L'appaltatore rimarrà pertanto unico e solo responsabile in qualsiasi momento della stabilità dei segnali, sia posati su pali, sia posati su portali, sollevando l'Ente Appaltante dalla responsabilità dei danni che potrebbero derivare a cose e/o a persone.

9.7 SOSTEGNI A PALO

I sostegni per i segnali verticali (esclusi i portali), saranno in acciaio tubolare, dovranno essere zincati a caldo (non

verniciati) e dovranno avere le seguenti dimensioni:

- pali del Ø 30mm, spessore minimo 2,5mm, peso minimo 2,790kg/m;
- pali del Ø 60mm, spessore minimo 3,2mm, peso minimo 4,190kg/m;
- pali del Ø 90mm, spessore minimo 4,0mm, peso minimo 8,390kg/m.

I pali di sostegno e controvento saranno chiusi alla sommità con tappo in plastica e avranno un foro alla base per il fissaggio del tondino di ancoraggio che ne eviti la rotazione rispetto al terreno, e su richiesta del Direttore dei lavori dovranno essere dotati di un sistema antirrotazione del cartello rispetto al palo. I sostegni saranno completi di tutte le staffe in acciaio zincato a caldo e bulloneria in acciaio inox per il fissaggio dei segnali. Il controvento dovrà essere ancorato al sostegno con una particolare staffa, a una distanza dal bordo superiore del cartello pari ad un terzo dell'altezza complessiva del cartello stesso. Il controvento dovrà avere un'inclinazione, rispetto al sostegno, di 30°. I sostegni per i segnali di indicazione in elementi estrusi di alluminio potranno essere richiesti dal Direttore dei lavori anche in acciaio zincato a caldo con profilo ad "IPE", dimensionati per resistere ad una spinta di 140kg/m², e atti al fissaggio degli elementi modulari con speciali denti in lega di alluminio dell'altezza di 40mm.

Ove lo ritengano opportuno, le Imprese concorrenti potranno proporre sostegni diversi da quelli prescritti, purchessia ne sia fornita idonea documentazione tecnica, e siano palesemente accettati dal Direttore dei lavori.

9.8 FONDAZIONE PER SOSTEGNI A PALO

Il blocco d'ancoraggio, per il sostegno dei pali, dovrà essere realizzato in calcestruzzo avente un dosaggio minimo di cemento pari a 250kg/m², le dimensioni minime di metri 0,50mx0,50mx0,70m; ogni sostegno tubolare deve essere dotato al piede di un'asola per l'alloggiamento dello spinotto d'ancoraggio al basamento di fondazione.

9.9 CERTIFICAZIONI E PROVE

Tutti i materiali impiegati devono essere riconosciuti idonei dal DL, ciò stante l'Appaltatore resta totalmente responsabile della riuscita delle opere stesse. Il Direttore dei lavori si riserva la facoltà di prelevare in qualsiasi momento, senza preavviso e anche dopo la fornitura in opera, campioni di tutti i materiali impiegati per sottoporli alle analisi da eseguire presso Istituti specializzati, autorizzati e competenti allo scopo di constatare la rispondenza dei materiali alle prescrizioni richiamate nel presente Capitolato Speciale. I prelievi di materiale devono avvenire in contraddittorio con un rappresentante dell'Appaltatore, di ciò deve essere redatto il relativo verbale di prelievo.

9.10 VITA FUNZIONALE

L'Appaltatore deve comunque garantire l'esecuzione della posa in opera a perfetta regola d'arte e l'impianto segnaletico deve resistere al vento spirante a 150 km/h e non presentare per almeno 10 anni alcuna anomalia (distacco anche parziale, di traverse, bulloni tranciati, staffe lente, ecc.).

10 CONGLOMERATI CEMENTIZI SEMPLICI E ARMATI

10.1 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Normative sulla miscela

- UNI EN 206 – Calcestruzzo – Specificazione, prestazione, produzione e conformità
- UNI 11104 – Calcestruzzo – specificazione, prestazione, produzione e conformità – Specificazioni complementari per l'applicazione della EN 206
- NTC 2018 – Capitolo 11.2 Materiali e prodotti per uso strutturale – Calcestruzzo

Normative sui costituenti

- UNI EN 197-1 - Cemento - Parte 1: Composizione, specificazioni e criteri di conformità per cementi comuni
- UNI EN 12620 – Aggregati per calcestruzzo
- UNI 8520-2 – Aggregati per calcestruzzo – istruzioni complementari per l'applicazione della EN 12620
- UNI EN 13055 – Aggregati leggeri
- UNI EN 450-1 – Ceneri volanti per calcestruzzo
- UNI EN 13263-1 – Fumi di silice per calcestruzzo
- UNI EN 15167-1 – Loppa d'altoforno granulata macinata per calcestruzzo
- UNI EN 934-1 e EN 934-2 – Additivi per calcestruzzo
- UNI EN 14889 – Fibre per calcestruzzo
- UNI EN 12878 – Pigmenti
- UNI EN 1008 - Acqua d'impasto per il calcestruzzo

Normative per l'esecuzione

- UNI EN 13670 - Esecuzione di strutture di calcestruzzo
- Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale, pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (settembre 2017)

Normative per la valutazione della resistenza

- UNI EN 12504-1 - Prove sul calcestruzzo nelle strutture – Parte 1: Carote – Prelievo, esame e prova di compressione

10.2 CRITERI DI ACCETTAZIONE DELLE MISCELE

Il progettista, per ogni miscela, determina, oltre al diametro massimo degli aggregati, un valore per la classe di resistenza del calcestruzzo indurito, un valore per la di classe di consistenza del calcestruzzo fresco e la classe di esposizione.

Classi di resistenza dei conglomerati cementizi a prestazione garantita

Ai fini del presente Capitolato Speciale di Appalto, vengono presi in considerazione esclusivamente conglomerati cementizi confezionati a prestazione garantita. La classe di resistenza, così come definita al § 4.1 delle NTC2018, UNI EN 206 e UNI 11104 viene individuata mediante la simbologia C(X/Y), dove:

- X è la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni di provini cilindrici ($f_{ck,cyl}$), con rapporto altezza/diametro pari a 2;
- Y è la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni di provini cubici di lato 150 mm ($f_{ck,cube}$ o anche R_{ck}).

Si riportano di seguito le classi di resistenza a compressione utilizzate nel presente progetto:

Classi di resistenza a compressione	Resistenza caratteristica cilindrica minima $f_{ck,cyl}$ [N/mm ²]	Resistenza caratteristica cubica minima $f_{ck,cube}$ [N/mm ²]
C20/25	20	25
C25/30	25	30
C28/35	28	35
C30/37	30	37
C32/40 (UNI 11104)	32	40

Classi di consistenza dei conglomerati cementizi

Per la classe di consistenza si utilizza il parametro dell'abbassamento al cono i cui valori ammessi per i conglomerati cementizi utilizzate nel presente progetto sono riportati nella seguente tabella:

Classe	Abbassamento in conformità alla EN 12350-2
S4	Da 160 a 210 mm
S5	≥ 220

Classi di esposizione e valori limite ammessi nei conglomerati cementizi

Per l'individuazione delle azioni ambientali a cui le opere saranno esposte ci si riferisce alle classi di esposizione di cui alla norma EN 206 e UNI 11104. Inoltre per garantire la vita utile di progetto la stessa norma UNI 11104 introduce dei valori limiti per la composizione e le proprietà del calcestruzzo che sono indicati nella seguente tabella redatta secondo i contenuti dei prospetti 1 e 5.

Classe esposizione	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Max rapporto a/c	Min. Classe di resistenza	Min. contenuto di cem. (kg/m ³) ^{a)}	Contenuto Min. in aria (%)	Altri requisiti
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione deve essere classificata come segue:							
XC2	Prevalentemente acquoso o saturo d'acqua raramente secco	Calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo. Calcestruzzo di strutture di contenimento acqua. Calcestruzzo di molte fondazioni.	0,60	C25/30	300		
XC4	Ciclicamente secco e acquoso o saturo d'acqua	Calcestruzzo in esterni con superfici soggette a alternanze di ambiente secco	0,50	C32/40	340		

Classe esposizione	Descrizione dell'ambiente	Esempio	Max rapporto a/c	Min. Classe di resistenza	Min. contenuto di cem. (kg/m ³) ^{a)}	Contenuto Min. in aria (%)	Altri requisiti
2 Corrosione indotta da carbonatazione Nel caso in cui il calcestruzzo contenente armature o inserti metallici sia esposto all'aria e all'umidità, l'esposizione deve essere classificata come segue:							
		ed acquoso o saturo d'acqua. Calcestruzzo ciclicamente esposto all'acqua in condizioni che non ricadono nella classe XC2.					
3 Corrosione indotta da cloruri esclusi quelli provenienti dall'acqua di mare Nel caso in cui il calcestruzzo armato o con inserti metallici sia esposto ad acqua contenente cloruri da origini diverse da quelle dell'acqua di mare, inclusi i sali disgelanti, l'esposizione deve essere classificata come segue:							
XD1	Moderata umidità dell'aria	Calcestruzzo esposto all'azione aggressiva dei cloruri trasportati dall'aria per esempio derivanti dall'uso di sali disgelanti. Per esempio impalcati da ponti, viadotti o barriere stradali.	0,55	C30/37	320		
Quando si applica il concetto di valore k il rapporto massimo a/c e il contenuto minimo di cemento sono calcolati in conformità al p.to 5.2.2. della norma UNI 11104							

Il conglomerato cementizio può essere caratterizzato da più di una classe di esposizione ambientale e, nel caso, occorre il rispetto dei limiti più restrittivi della classe più gravosa.

In aggiunta a quanto sopra, è prescritto che il contenuto di cloruri di un calcestruzzo, espresso come percentuale di ioni cloruro in massa di cemento, non deve eccedere il valore della classe selezionata indicato nel prospetto 15 della norma EN 206 che si riporta di seguito.

Impiego del calcestruzzo	Classe di contenuto di cloruri ^{a)}	Contenuto max di Cl ⁻ in massa di cemento ^{b)} [%]
Non contenente armatura di acciaio o inserti metallici ad eccezione dei dispositivi di sollevamento resistenti alla corrosione	CI 1,00	1,00
Contenente armatura di acciaio o altri inserti metallici	CI 0,20	0,20
	CI 0,40 ^{c)}	0,40
Contenente armatura di acciaio da precompressione in diretto contatto con il calcestruzzo	CI 0,10	0,10
	CI 0,20	0,20
a) Per un impiego specifico del calcestruzzo, la classe da applicare dipende dalle disposizioni vigenti nel luogo di impiego. b) Qualora si utilizzino delle aggiunte di cui si tenga conto per il dosaggio del cemento, il contenuto di cloruri è espresso come percentuale di ioni cloruro in massa del cemento più la massa totale delle aggiunte di cui si è tenuto conto. c) Classi di diverso contenuto di cloruri possono essere ammesse per calcestruzzo contenente i cementi CEM III secondo le disposizioni vigenti nel luogo di impiego.		

E' prescritto infine che per il calcestruzzo normale, la massa volumica nella condizione dopo essiccamento in stufa deve essere maggiore di 2.000 kg/m³ e non maggiore di 2.600 kg/m³. Per il calcestruzzo pesante, la massa volumica nella condizione dopo essiccamento in stufa deve essere maggiore di 2.600 kg/m³. Qualora la massa volumica sia specificata come valore prestabilito, si applica una tolleranza di ±100 kg/m³.

Grado di compattazione

Il grado di compattazione, definito come rapporto fra la densità di un provino cubico (o cilindrico) prelevato durante il getto del calcestruzzo, e quella di una carota estratta dalla struttura deve essere sempre $\geq 98\%$. Ciò risulta necessario per ottenere calcestruzzi di buona qualità cioè meccanicamente resistenti, oltre che durabili in quanto impermeabili agli agenti aggressivi.

Resistenza alla penetrazione di acqua

Si prescrive la verifica della resistenza alla penetrazione d'acqua secondo la norma UNI EN 12390-8, da eseguire esattamente dopo 60 giorni di maturazione del provino con l'obiettivo di riscontrare una resistenza alla penetrazione dell'acqua non superiore a 20 mm, come valore medio e non superiore a 50 mm, come valore massimo. Nel caso tali valori non fossero raggiunti sarà onere del Direttore dei Lavori con il supporto del progettista quello di valutare l'affidabilità dei risultati e la eventuale necessità di azioni di mitigazione.

10.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE DEI COSTITUENTI LE MISCELE

Devono essere utilizzati solo costituenti di idoneità stabilita per il particolare impiego previsto per il calcestruzzo conforme alla norma europea UNI EN 206 e/o altre di riferimento, in applicazione del § 11.1 delle NTC2018.

AGGREGATI

Generalità sulla conformità e sulla scelta degli aggregati

Saranno impiegati esclusivamente aggregati ottenuti dalla lavorazione di materiali naturali, artificiali, di recupero o provenienti da processi di riciclo muniti di Attestato di conformità CE alla norma europea armonizzata:

- UNI EN 12620 per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotato di sistema di attestazione della conformità degli aggregati di tipo 2+;
- UNI EN 13055 per gli aggregati leggeri per i quali il produttore attui un controllo di produzione in fabbrica certificato da un Organismo notificato e dotato di sistema di attestazione della conformità degli aggregati di tipo 2+ nei casi di impegno per uso strutturale e 4 per usi non strutturali. Si specifica che è definito aggregato leggero quel materiale granulare di origine minerale avente massa volumica dei granuli non maggiore di 2.000 kg/m³ o una massa volumica in mucchio non maggiore di 1.200 kg/m³.

L'aggregato grosso proveniente da riciclo può essere utilizzati secondo i limiti di cui al prospetto 4 della norma UNI 11104 di seguito riproposto per praticità in funzione del tipo di aggregato di riciclo stesso, della classe di resistenza e della classe di esposizione.

Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione												
			X0	XC1 XC2 XC3	XC4	XS1	XS2 XS3	XD1	XD2	XD3	XF1	XF2 XF3 XF4	XA1	XA2	XA3
Tipo A	Rc ₉₀ , Rc _{u95} , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	≥C12/15 ≤C20/25	60%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		≤ C30/37	30%	30%	-	-	-	20%	-	-	-	20%	20%	-	-
		≤ C45/55	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%	20%
Tipologie di aggregato		Classe di resistenza	% massima di sostituzione												
			Classe di esposizione non applicabile												
Tipo A	Rc ₉₀ , Rc _{u95} , Rb ₁₀ , Ra ₁ , FL ₂ , Rg ₁ .	C8/10	≤ 100%												
Tipo B	Rc ₅₀ , Rc _{u70} , Rb ₃₀ , Ra ₅ , FL ₂ , X Rg ₂ .														

Rc: calcestruzzo, prodotti di calcestruzzo e malta;
Ru: aggregati non legati, aggregati naturali, aggregati legati con leganti idraulici;
Rb: frammenti di mattoni o tegole in argilla, frammenti di mattoni silicei, frammenti di calcestruzzo aerato non galleggiante;
Ra: materiali bituminosi;
Rg: vetro;
FL: materiale lapideo galleggiante (in volume);
X: altri materiali: coesivi (argilla e terra); metalli ferrosi e non ferrosi; gesso, plastica e gomma, legno non galleggiante.

L'aggregato di recupero può essere utilizzato come aggregato per il calcestruzzo purché sia utilizzato solo internamente dal produttore o da un gruppo di produttori. È consentito l'impiego di aggregato di recupero ottenuto sia mediante lavaggio del calcestruzzo fresco, sia mediante frantumazione del calcestruzzo indurito che non è stato precedentemente utilizzato nella costruzione.

Il contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti deve essere di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. Tale percentuale è calcolata come rapporto tra il peso secco delle materie riciclate, recuperate e dei sottoprodotti e il peso del calcestruzzo al netto dell'acqua, intesa come acqua efficace e acqua di assorbimento. Al fine del calcolo della massa di materiale riciclato, recuperato o sottoprodotto, va considerata la quantità che rimane effettivamente nel prodotto finale.

Il tipo di aggregato e le categorie, per esempio granulometria, appiattimento, resistenza al gelo/disgelo, resistenza all'abrasione, contenuto di fini, devono essere selezionati tenendo conto di quanto segue:

- Esecuzione dell'opera;
- Impiego previsto del calcestruzzo;
- Condizioni ambientali alle quali il calcestruzzo deve essere esposto;
- Tutti i requisiti per finiture superficiali ad aggregato esposto o per finiture all'utensile.

Per migliorare certe proprietà del calcestruzzo o per ottenere proprietà speciali, è ammesso l'utilizzo di filler che è definito come un aggregato la maggior parte del quale passa allo staccio di 0,063 mm.

Controlli sugli aggregati

- Controlli documentali

In fase di prequalifica per ogni tipo di aggregato selezionato e per ogni fornitore deve essere consegnato alla Direzione Lavori la Dichiarazione di Prestazione e la marcatura CE ai sensi del regolamento 305/2011 con le informazioni contenute nella figura ZA.1 della norma UNI EN 12620 o contenute nel prospetto ZA.1.1 (aggregati leggeri) e ZA.1.2 (filler aggregato leggero) della norma UNI EN 13055 nel rispetto dei requisiti geometrici, fisici e chimici di seguito individuati. Laddove la Dichiarazione di Prestazione non riporti tali informazioni, l'Appaltatore deve fornire un certificato di laboratorio, con data non antecedente le frequenze riportate in appendice H della UNI EN 12620 o appendice G della UNI EN 13055, che attesti la rispondenza al requisito di capitolato.

Fino al completamento delle operazioni di getto, su richiesta del Direttore dei Lavori, l'Appaltatore dovrà consegnare altresì:

- copia in formato pdf delle bolle di accompagnamento di tutte o parti delle forniture di aggregati approvvigionate all'impianto e la Dichiarazione di Prestazione CE;
 - copia delle prove di autocontrollo del produttore previste in appendice H della UNI-EN 12620 o appendice G della UNI EN 13055.
-
- Controlli dei requisiti geometrici, fisici e chimici per aggregati conformi alla UNI EN 12620

Le NTC2018 al paragrafo 11.2.9.2 prescrivono controlli di accettazione minimi in capo alla Direzione dei Lavori.

Le prove dovranno essere eseguite in sede di qualifica, per ogni cambiamento di cava o materiali nel corpo di cava e ogni 10.000 m³ di getto di calcestruzzo.

Inoltre, i seguenti requisiti, per cui le norme UNI fissano dei limiti di accettabilità ma per cui le NTC2018 non impongono un obbligo di controllo in fase di accettazione, devono comunque essere obbligatoriamente soddisfatti e dichiarati dal produttore nella Dichiarazione di Prestazione CE qualora previsto, o in alternativa in apposito certificato emesso da un laboratorio, con data non antecedente le frequenze riportate in appendice H della UNI EN 12620.

La Direzione dei Lavori potrà effettuare dei controlli su questi seguenti requisiti all'impianto nel caso si riscontrassero anomalie:

- di una delle verifiche eseguite nella fase di qualifica all'impianto delle miscele cementizie rispetto alle previsioni di prequalifica;
- di una delle prove sui conglomerati cementizi freschi;
- sulla resistenza caratteristica a 28 gg;
- non vengano fornite, quando richieste, le prove di autocontrollo del produttore .

La Direzione dei Lavori, a suo insindacabile giudizio, potrà altresì effettuare i controlli di questi ulteriori requisiti in quei cantieri ove sono previsti getti complessivi di miscele cementizie in opera di volume superiore a 10.000 mc oppure con cadenza semestrale.

- Controlli dei requisiti geometrici, fisici e chimici per aggregati conformi alla UNI EN 13055 per uso strutturale

Le NTC2018 al paragrafo 11.2.9.2 prescrivono controlli di accettazione minimi in capo alla Direzione dei Lavori che sono applicati anche per gli aggregati leggeri. Pertanto, le prove di seguito riepilogate, sono da prevedersi anche per gli aggregati leggeri. Per i limiti di accettabilità si assumono i valori dichiarati dal produttore.

CEMENTI

Generalità sulla conformità e sulla scelta dei cementi

Per i conglomerati cementizi oggetto della presente voce di capitolato, devono impiegarsi esclusivamente i leganti idraulici previsti dalle disposizioni vigenti in materia, dotati di marcatura CE e DoP in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 197-1 con sistema di attestazione della conformità di tipo 1+.

L'impiego dei cementi richiamati all'art. 1, lettera C della legge 26 maggio 1965 n. 595, è limitato ai calcestruzzi per sbarramenti di ritenuta.

Per la realizzazione di opere massive dove è richiesto un basso calore di idratazione devono essere utilizzati i cementi speciali con calore di idratazione molto basso dotati di marcatura CE in conformità alla norma europea armonizzata UNI EN 14216 o contraddistinti dalla sigla LH contemplati dalla norma UNI EN 197-1.

In caso di esposizione dell'opera ai cloruri con le solette da ponte, è raccomandabile l'impiego di cementi pozzolanici o d'altoforno, come specificato anche nella UNI 11417-1. Nel caso di possibile rischio di reazione alcali-aggregati, è raccomandabile l'impiego di cementi con contenuto di alcali ridotto e/o di tipo pozzolanico, conformemente a quanto indicato nella UNI 11417-2.

Il cemento deve essere selezionato fra quelli di cui è stabilita l'idoneità tenendo conto di quanto segue:

- Esecuzione dell'opera;
- Impiego previsto del calcestruzzo;
- Condizioni di stagionatura;
- Dimensione della struttura;
- Condizioni ambientali alle quali la struttura deve essere esposta e quindi in funzione della classe di esposizione individuata dal progettista;
- Potenziale reattività dell'aggregato agli alcali rilasciati dai costituenti.

Tipi di cemento

Al fine di agevolare la scelta dei prodotti ed il conseguente controllo documentale si riporta la classificazione dei tipi di cemento secondo la UNI EN 197-1 che definisce 27 distinti prodotti di cementi comuni (prospetto 1), 7 cementi comuni resistenti ai solfati (prospetto 2) e 9 classi di resistenza (prospetto 3).

Prospetto 1 UNI EN 197-1 – i 27 prodotti della famiglia dei cementi comuni:

Tipi principali	Denominazione dei 27 prodotti (tipi di cemento comune)		Composizione (percentuale in massa ^{a)})											Costituenti secondari
			Costituenti principali											
			Clinker	Loppa di altoforno	Fumo di silice	Pozzolana		Cenere volante		Scisto calcinato	Calcare			
						naturale	naturale calcinata	silicea	calcarea					
K	S	D ^{b)}	P	Q	V	W	T	L	LL					
CEM I	Cemento Portland	CEM I	95-100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
CEM II	Cemento Portland alla loppa	CEM II/A-S	80-94	6-20	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-S	65-79	21-35	-	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland ai fumi di silice	CEM II/A-D	90-94	-	6-10	-	-	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland alla pozzolana	CEM II/A-P	80-94	-	-	6-20	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-P	65-79	-	-	21-35	-	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-Q	80-94	-	-	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-Q	65-79	-	-	-	21-35	-	-	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland alle ceneri volanti	CEM II/A-V	80-94	-	-	-	-	6-20	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-V	65-79	-	-	-	-	21-35	-	-	-	-	0-5	
		CEM II/A-W	80-94	-	-	-	-	-	6-20	-	-	-	0-5	
		CEM II/B-W	65-79	-	-	-	-	-	21-35	-	-	-	0-5	
	Cemento Portland allo scisto calcinato	CEM II/A-T	80-94	-	-	-	-	-	-	6-20	-	-	0-5	
		CEM II/B-T	65-79	-	-	-	-	-	-	21-35	-	-	0-5	
	Cemento Portland al calcare	CEM II/A-L	80-94	-	-	-	-	-	-	-	6-20	-	0-5	
		CEM II/B-L	65-79	-	-	-	-	-	-	-	21-35	-	0-5	
		CEM II/A-LL	80-94	-	-	-	-	-	-	-	-	6-20	0-5	
		CEM II/B-LL	65-79	-	-	-	-	-	-	-	-	21-35	0-5	
	Cemento Portland composito ^{c)}	CEM II/A-M	80-88	←----- 12-20 -----→									0-5	
		CEM II/B-M	65-79	←----- 21-35 -----→										
CEM III	Cemento d'altoforno	CEM III/A	35-64	36-65	-	-		-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/B	20-34	66-80	-	-		-	-	-	-	-	0-5	
		CEM III/C	5-19	81-95	-	-		-	-	-	-	-	0-5	
CEM IV	Cemento pozzolanico ^{c)}	CEM IV/A	65-89	-	←----- 11-35 -----→					-	-	-	0-5	
		CEM IV/B	45-64	-	←----- 36-55 -----→					-	-	-	0-5	
CEM V	Cemento composito ^{c)}	CEM V/A	40-64	18-30	-	←-- 18-30 --→			-	-	-	-	0-5	
		CEM V/B	20-38	31-49	-	←-- 31-49 --→			-	-	-	-	0-5	

a) I valori del prospetto si riferiscono alla somma dei costituenti principali e secondari.

b) La proporzione di fumi di silice è limitata al 10%.

c) Nei cementi Portland compositi CEM II/A-M e CEM II/B-M, nei cementi pozzolanici CEM IV/A e CEM IV/B e nei cementi compositi CEM V/A e CEM V/B i costituenti principali diversi dal clinker devono essere dichiarati mediante la designazione del cemento (per esempio vedere punto 8).

Controlli sul cemento

- Controlli documentali

In fase di prequalifica, per ogni tipo di cemento selezionato e per ogni fornitore deve essere consegnato alla Direzione Lavori la Dichiarazione di Prestazione CE e la scheda tecnica indicante le caratteristiche chimico-fisiche del cemento che devono obbligatoriamente rispettare i requisiti della norma UNI EN 197-1.

I cementi, qualora immessi sul mercato da un distributore attraverso un centro di distribuzione, devono essere all'origine dotati della marcatura CE sopra richiamata. Il centro di distribuzione, così come definito nella norma UNI EN 197-2, deve possedere un'autorizzazione all'uso di detta marcatura concessa al distributore da un organismo di certificazione notificato, in base alle procedure della norma UNI EN 197-2, a dimostrazione che la conformità del prodotto marcato CE è stata mantenuta durante le fasi di trasporto, ricevimento, deposito, imballaggio e spedizione, unitamente alla sua qualità ed identità.

Fino al completamento delle operazioni di getto, su richiesta del Direttore dei Lavori, l'Appaltatore dovrà consegnare:

- copia in formato pdf delle bolle di accompagnamento di tutte o parti delle forniture di cemento approvvigionate all'impianto e la Dichiarazione di Prestazione CE;
- copia delle prove di autocontrollo del produttore di cemento previste dal prospetto 6 della UNI-EN 197-1 con data non antecedente le frequenze riportate in detto prospetto ed i parametri statistici sugli ultimi 6 mesi di produzione.

- Controlli dei requisiti chimici e meccanici

Visto che i cementi sono prodotti marcati CE, sono prodotti in un impianto in possesso di certificazione del sistema di controllo della produzione (FPC) e che le NTC2018 non prescrivono obblighi di accettazione da parte della Direzione Lavori non si prevede l'esecuzione di prove di laboratorio per il controllo del rispetto dei requisiti né in fase di accettazione, né in corso d'opera.

Tuttavia, la Direzione dei Lavori potrà effettuare dei controlli dei requisiti chimici e meccanici sul cemento in arrivo all'impianto nel caso si riscontrassero anomalie:

- di una delle verifiche eseguite nella fase di qualifica all'impianto delle miscele cementizie rispetto alle previsioni di prequalifica;
- di una delle prove sui conglomerati cementizi freschi;
- sulla resistenza caratteristica a 28 gg;
- non vengano fornite, qualora richieste, le prove di autocontrollo del produttore di cemento.

La Direzione dei Lavori potrà altresì, a suo insindacabile giudizio, effettuare i controlli dei requisiti chimici e meccanici sui tipi di cemento qualificati in quei cantieri ove sono previsti getti complessivi di miscele cementizie in opera di volume

superiore a 10.000 mc oppure con cadenza semestrale.

La Direzione Lavori potrà anche effettuare i controlli per la verifica dei requisiti di cementi dalle proprietà particolari come, ad esempio, quelli ad alta resistenza in rapporto al ridotto contenuto di clinker (cementi green).

Tali eventuali controlli verranno effettuati dalla Direzione dei Lavori sul cemento in arrivo presso l'impianto di prefabbricazione o presso l'impianto di confezionamento del conglomerato se esterno all'impianto di prefabbricazione in contraddittorio con l'Appaltatore. Il prelievo del cemento dovrà avvenire al momento della consegna in conformità alla norma UNI EN 196-7. L'Appaltatore dovrà assicurarsi, prima del campionamento, che l'autobotte sia ancora munita di sigilli.

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

Acqua di impasto

Per la produzione del calcestruzzo dovranno essere impiegate i seguenti tipi di acqua conformi alla Norma UNI EN 1008:

- *potabili*: sono considerate idonee senza la necessità di essere sottoposte a prove;
- *di recupero dei processi dell'industria del calcestruzzo*: sono considerate idonee se conformi ai requisiti dell'appendice A della UNI EN 1008;
- *di origine sotterranea*: sono considerate idonee se conformi ai requisiti del § 4 della UNI EN 1008 e devono essere sottoposte a prove;
- *naturale di superficie e acque reflue industriali*: sono considerate idonee se conformi ai requisiti del § 4 della UNI EN 1008 e devono essere sottoposte a prove.

Quando si combinano più tipi di acqua, i requisiti si applicano all'acqua combinata. Non sono ammesse acque marine o salmastre né acque nere.

La qualità dell'acqua d'impasto per la produzione del calcestruzzo può influenzare il tempo di presa, lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo e la protezione dell'armatura contro la corrosione.

Controlli

- Controlli documentali

Il produttore di calcestruzzo deve fornire alla Direzione Lavori il resoconto più recente in suo possesso oltre alla copia dei certificati di prova eseguiti:

- a) descrizione del tipo e origine dell'acqua;
- b) luogo del campionamento;
- c) data e ora del campionamento;

- d) nome del laboratorio e del responsabile della prova;
- e) data delle prove;
- f) risultati di prova e confronto con i requisiti della presente norma.

Il produttore deve fornire tale resoconto alla Direzione Lavori in fase di prequalifica e successivamente con frequenza semestrale fino al completamento delle operazioni di getto. La verifica in corso dei lavori è da eseguire in contraddittorio con la Direzione dei Lavori secondo i contenuti descritti successivamente.

- Controlli dei requisiti chimici e meccanici

I requisiti che deve possedere l'acqua di impasto sono contenuti nella norma UNI EN 1008.

Tuttavia, la Direzione dei Lavori potrà effettuare dei controlli ulteriori dei requisiti in conformità alla UNI EN 1008 nel caso si riscontrassero anomalie:

- di una delle verifiche eseguite nella fase di qualifica all'impianto delle miscele cementizie rispetto alle previsioni di prequalifica;
- di una delle prove sui conglomerati cementizi freschi;
- sulla resistenza caratteristica a 28 gg.

10.4 CRITERI DI ACCETTAZIONE PER LA CONFEZIONE DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Tutto il calcestruzzo utilizzato, sia prodotto in cantiere sia esternamente allo stesso, dovrà essere preconfezionato in un impianto in possesso di certificazione del sistema di controllo della produzione (FPC) ottenuto con processo industrializzato mediante impianti idonei ad una produzione costante, con personale e attrezzature capaci di valutare e correggere la qualità del prodotto. Come previsto nel capitolo 11.2.8 delle NTC 2018, detto sistema di controllo deve essere certificato da organismi terzi indipendenti che operano in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1, autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici sulla base di criteri appositamente emanati dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Gli impianti devono essere dotati altresì di un sistema di gestione della qualità secondo UNI EN 9001 certificato da un organismo terzo indipendente.

E' richiesta obbligatoriamente la qualifica iniziale e contemporanea di almeno due impianti, uno principale e uno da utilizzarsi in caso di emergenza (es. rotture del primo impianto, picchi di produzione ecc..).

È obbligatorio l'impiego di premescolatori fissi per i calcestruzzi aventi resistenza a compressione di 40 MPa o maggiore o aventi rapporto a/c di 0,45 o minore e per i calcestruzzi aerati.

Gli impianti di betonaggio saranno del tipo automatico o semiautomatico, con dosatura a peso degli aggregati, dell'acqua, delle aggiunte minerali e del cemento e a volume per gli additivi; la precisione delle apparecchiature per il dosaggio

saranno quelli della Norma UNI EN 206; dovrà essere controllato il contenuto d'umidità degli aggregati in funzione del quale dovrà essere corretto il dosaggio d'acqua di impasto.

Per l'acqua è ammessa anche la dosatura a volume. La dosatura effettiva dell'acqua dovrà essere realizzata con precisione del 3% ed i relativi dispositivi dovranno essere tarati almeno una volta ogni due mesi o comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

La dosatura effettiva degli aggregati e del cemento dovrà essere realizzata con precisione del 3%.

Le bilance dovranno essere revisionate almeno una volta ogni due mesi e tarate all'inizio del lavoro e successivamente almeno una volta l'anno e comunque quando richiesto dalla Direzione Lavori.

I dispositivi di misura del cemento, dell'acqua degli additivi e delle aggiunte dovranno essere del tipo individuale. Le bilance per la pesatura degli aggregati possono essere di tipo cumulativo (peso delle varie pezzature con successione addizionale).

I silos del cemento e delle aggiunte minerali debbono garantire la tenuta nei riguardi dell'umidità atmosferica.

Il tempo e la velocità di mescolamento dovranno essere tali da produrre un conglomerato rispondente ai requisiti d'omogeneità di cui ai successivi paragrafi.

L'impasto dovrà risultare di consistenza uniforme ed omogeneo, uniformemente coesivo (tale cioè da essere trasportato e manipolato senza che si verifichi la separazione dei singoli elementi) e lavorabile (in maniera che non rimangano vuoti nella massa o sulla superficie dei manufatti dopo eseguita la vibrazione in opera).

10.5 QUALIFICA DEI CONGLOMERATI CEMENTIZI

Dossier di prequalifica

L'Appaltatore è tenuto ad effettuare la qualificazione iniziale (prequalifica) di ciascuna miscela omogenea di calcestruzzo da impiegare (§ 11.2.3 NTC2018), attraverso idonee prove di studio ed acquisizione di idonea documentazione con lo scopo di accertare, prima dell'inizio dei getti, la resistenza caratteristica di ogni miscela. Nello specifico l'Appaltatore deve sottoporre all'esame della Direzione Lavori, almeno 40 giorni prima dell'inizio dei getti, un *DOSSIER DI PREQUALIFICA* contenente:

- a) le caratteristiche degli impianti di confezionamento corredate dalla certificazione del sistema di controllo della produzione (FPC) di calcestruzzo preconfezionato dell'impianto di produzione, che potrà essere interno o esterno al cantiere (certificato da organismi terzi indipendenti autorizzati dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici) e dalla certificazione del Sistema di Gestione per la Qualità secondo UNI EN 9001 dell'impianto di produzione certificato da un organismo terzo indipendente. Si ricorda che gli impianti qualificati nella fase iniziale devono essere almeno due;
- b) il Piano Generale di Fabbricazione e Controlli dello stabilimento di produzione con l'indicazione delle tecnologie, metodologie e sistemi di controllo utilizzati in impianto (Piano Controllo della Qualità di produzione) per garantire la qualità attesa. Il piano dovrà essere corredato da una procedura che identifichi le modalità di qualifica dei fornitori

nonché le modalità di identificazione e rintracciabilità dei prodotti e di tenuta sotto controllo delle strumentazioni di misura.

- c) la documentazione comprovante la marcatura CE di ogni materiale costituente ciascuna miscela o altra documentazione del produttore e relative schede tecniche;
- d) i certificati di prova afferente la resistenza caratteristica a compressione a 28 giorni R_{ck} , secondo UNI EN 12390-3,4 seguendo le indicazioni dell'Appendice A della UNI EN 206 con l'esecuzione di almeno tre provini prelevati da tre impasti distinti;
- e) le curve di resistenza nel tempo con misure a 2, 7, 14 e 28 giorni, salvo diverse indicazioni da parte della Direzione Lavori e definizione dello sviluppo di resistenza del calcestruzzo "r" definito come f_{cm2}/f_{cm28} ;
- f) l'indicazione del diametro massimo degli aggregati, lo studio della composizione granulometrica degli aggregati secondo la UNI EN 933-1/2, i dati di assorbimento delle varie dimensioni dell'aggregato;
- g) il certificato per il contenuto di aria aggiunta nella miscela secondo la UNI EN 206 e UNI 11104, i certificati indicanti la massa volumica del calcestruzzo fresco secondo la UNI EN 12350/6 e calcolo della resa, la massa volumica reale s.s.a ed assorbimento secondo la UNI EN 1097;
- h) I certificati della classe di consistenza della miscela da asciutta a superfluida valutata secondo la UNI EN 12350/1 con i tre metodi delle UNI 12350/2,3,4 (per i calcestruzzi autocompattanti: la classe di spandimento SF e la classe di viscosità t_{500} secondo la UNI EN 12350-8; la resistenza alla segregazione in riferimento alla UNI EN 12350-11);
- i) ai fini della rispondenza dei requisiti di durabilità, è previsto l'obbligo di eseguire prove di prequalifica senza che comunque l'attesa dell'esito di tali prove, costituisca un vincolo all'autorizzazione ai getti. In ogni caso, l'Appaltatore, di concerto con il produttore di calcestruzzo, deve riportare in una nota tecnica da allegare al dossier di prequalifica, gli studi sui mix e le azioni che intende intraprendere per la rispondenza dei calcestruzzi ai requisiti di durabilità richiesti;
- j) i certificati di taratura di tutte le strumentazioni di misurazione di cui è dotato l'impianto in corso di validità;
- k) i sistemi di trasporto e la valutazione del mantenimento della lavorabilità e delle caratteristiche delle varie miscele di calcestruzzo dall'impianto di produzione al luogo del getto in funzione della durata massima del trasporto e delle varie temperature stagionali a cui l'Appaltatore prevede di eseguire i getti. Nel caso in cui l'Appaltatore lo ritenga necessario può prevedere la doppia additivazione del conglomerato cementizio che consiste nell'aggiunta in cantiere di una quantità nota di additivo residuo, caricato all'impianto;
- l) le modalità di getto, compattazione, di stagionatura (maturazione) e scasseratura in funzione dello sviluppo di resistenza del calcestruzzo "r" ($= f_{cm2}/f_{cm28}$), compresi gli accorgimenti da adottare soprattutto in caso di condizioni

climatiche estreme (freddo e caldo) di temperatura e umidità nel rispetto dei limiti stabiliti nel presente articolo di capitolato;

- m) strumentazione topografica per il controllo in continuo dello spessore, garantendo le volute posizioni e allineamenti;
- n) il curriculum di un tecnologo qualificato in materia di conglomerati cementizi con cui la Direzione Lavori potrà interloquire per gli aspetti tecnici. In caso di calcestruzzo proiettato occorre fornire anche il curriculum del lancista con adeguata esperienza in funzione della dimensione e della tipologia dell'attività da svolgere.

Le prove di prequalifica di tutte le miscele di cui sopra devono effettuarsi per mezzo di laboratori accreditati. La data riportata nel certificato non deve essere antecedente tre mesi rispetto alla loro trasmissione alla Direzione Lavori salvo quanto diversamente specificato dalle norme di settore. La prequalifica dovrà essere obbligatoriamente ripetuta ogni qual volta si prevedesse una variazione dei materiali, dei fornitori o dell'impianto.

Qualifiche

Il Direttore dei Lavori definirà le miscele prequalificate da sottoporre a qualifica in impianto in funzione della significatività e criticità delle singole miscele. La qualifica deve essere fatta almeno per ogni classe di esposizione e resistenza caratteristica dei conglomerati. Possono non essere qualificate quelle miscele che con differenze di ricetta poco significative.

Le qualifiche sono sempre da eseguire in contraddittorio tra il personale dell'Appaltatore, della Direzione Lavori e dell'impianto. Il laboratorio utilizzato sarà quello accreditato incaricato dalla Committente/Direzione Lavori.

Ad insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori la qualifica all'impianto potrà essere ripetuta ogni qual volta si prevedesse una variazione dei materiali, dei fornitori o dell'impianto o si riscontrassero problemi sulle miscele nel corso dei lavori.

Tutti gli oneri e gli eventuali ritardi causati dalle ripetizioni delle prove all'impianto di confezionamento saranno a totale carico dell'Appaltatore.

L'Appaltatore deve tenere conto dei tempi di qualifica nella programmazione delle sue attività. Allo scopo l'Appaltatore, entro 5 giorni dalla consegna del dossier di prequalifica, è tenuto ad organizzare ed iniziare la qualifica all'impianto delle miscele.

La qualifica consiste nell'effettuare, su almeno tre impasti consecutivi e sul tipo di miscele indicate dalla Direzione Lavori, le seguenti verifiche:

1. il valore medio della resistenza a compressione a 28 giorni (R_m), misurato su almeno 4 prelievi (ciascuno di due provini) deve essere:

- per $30 \text{ N/mm}^2 \leq R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,20 R_{ck}$
- per $R_{ck} \leq 40 \text{ N/mm}^2$ $R_m \geq 1,15 R_{ck}$

con valore minimo di ogni singolo provino $R_i \geq R_{ck}$;

Dovrà anche essere misurata la resistenza a compressione a 2 e 7 giorni. Le resistenze medie a compressione per ciascun tipo di calcestruzzo, misurate a 2 e 7 giorni sui provini prelevati dall'impasto di prova all'impianto, non devono discostarsi di $\pm 15\%$ dalle resistenze indicate nella relazione di prequalifica. Il Direttore dei Lavori ha la facoltà di integrare la frequenza dei giorni per la verifica della resistenza a compressione, oltre a quelle indicate di 2 e 7 giorni, in presenza di particolari condizioni operative o di calcestruzzi speciali tipo quelli a presa rapida.

2. La classe di consistenza che deve risultare conforme alla classe richiesta con una tolleranza di ± 20 mm rispetto al valore di riferimento:

- per almeno 60 minuti per temperature fino a 20°C;
- per almeno 45 minuti per temperature fino a 30°C.

Quanto sopra salvo requisiti diversi definiti in Progetto, individuati dalla Direzione dei Lavori o dall'Appaltatore durante la prequalifica, in funzione delle condizioni di impiego;

3. il valore della massa volumica del calcestruzzo fresco che non deve discordarsi oltre il $\pm 3\%$ del valore nominale definito con la prequalifica;
4. deve essere verificata l'omogeneità del calcestruzzo all'atto del getto su due campioni, prelevati rispettivamente a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera; deve risultare:

- una differenza dell'abbassamento al cono non superiore a 30 mm,
- una differenza tra le percentuali in peso di passante al vaglio a maglia quadrata da 4 mm dei due campioni non superiore al 4%,

5. il rapporto acqua/cemento determinato secondo le modalità previste nella Norma UNI 11201, non deve differire di + 0.03 da quello dichiarato nella prequalifica;
6. il bleeding (secondo UNI 7122, p. 5.2) deve essere minore dello 0,1% dell'acqua di impasto.
7. il contenuto d'aria secondo la Norma UNI EN 12350-7 per i calcestruzzi aerati.

10.6 QUALIFICA DEGLI ELEMENTI PREFABBRICATI AD USO STRUTTURALE

Criteri di accettazione per lo stabilimento di produzione dei prefabbricati

È richiesto che il produttore dei manufatti abbia un sistema di controllo della produzione ai sensi del § 11.8.3 delle NTC2018 e che lo stabilimento di produzione sia qualificato ai sensi del § 11.8.4.1 delle stesse NTC. Nello specifico gli impianti per la produzione di elementi costruttivi prefabbricati devono essere idonei ad una produzione continua, disporre di apparecchiature adeguate per il confezionamento nonché di personale esperto e di attrezzature idonee a provare, valutare e correggere la qualità del prodotto.

Il fabbricante di elementi prefabbricati deve dotarsi di un sistema di controllo della produzione allo scopo di assicurare che il prodotto abbia i requisiti previsti dalle presenti norme e che tali requisiti siano costantemente mantenuti fino alla

posa in opera. Il sistema di gestione della qualità del prodotto che sovrintende al processo di fabbricazione deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 e certificato da parte un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1. Le regole di cui sopra si applicano anche nel caso di prefabbricazioni a piè d'opera.

Dossier di prequalifica

L'Appaltatore, per ciascun stabilimento di produzione e per ogni elemento prefabbricato che intende impiegare, è tenuto a sottoporre all'approvazione del Direttore dei Lavori un dossier di qualifica almeno 15 giorni prima dell'inizio della produzione contenente:

- a) la certificazione del sistema di controllo della produzione (FPC) di calcestruzzo e la certificazione del Sistema di Gestione per la Qualità secondo UNI EN 9001 dell'impianto di produzione certificato da un organismo terzo indipendente;
- b) i disegni costruttivi redatti sulla base degli elaborati di progetto esecutivo;
- c) per gli elementi che non vengono realizzati esattamente con le geometrie e con le armature indicate negli elaborati del progetto esecutivo oltre ai disegni costruttivi è richiesta anche la relativa relazione di calcolo strutturale redatta mantenendo gli stessi principi utilizzati nel progetto esecutivo in termini di valutazione della sicurezza e vita nominale dell'opera e firmata da un ingegnere abilitato all'esercizio della professione. In questo caso la documentazione da sottoporre all'esame della Direzione Lavori, dovrà pervenire almeno 30 giorni prima dell'inizio della produzione e non entro 15 giorni come indicato in testa a questo paragrafo. Qualora gli elementi prefabbricati vengano realizzati con le geometrie e con le armature indicati negli elaborati del progetto esecutivo è sufficiente riportare questa indicazione nella nota di trasmissione alla Direzione Lavori dei documenti componenti il dossier di qualifica;
- d) la marcatura CE ove applicabile per l'elemento prefabbricato in questione;
- e) la dichiarazione del direttore dello stabilimento di produzione in cui si afferma che per il confezionamento delle miscele saranno utilizzati solo costituenti conformi ai requisiti in quanto non tutti questi requisiti sono fissati entro i limiti di legge ma possono anche essere di qualità superiore;
- f) una campionatura che costituirà il riferimento per la qualità della facciavista dei manufatti ove applicabile;
- g) per i prefabbricati di produzione occasionale (§ 11.8.1 NTC2018) e comunque di particolare rilevanza strutturale, a insindacabile giudizio del Direttore dei Lavori, il Piano Generale di Fabbricazione e Controlli dello stabilimento di produzione con l'indicazione delle tecnologie, metodologie e sistemi di controllo utilizzati in impianto (PCQ riferito alla realizzazione dell'elemento prefabbricato oggetto di qualifica) per garantire la qualità attesa. Tale piano deve essere redatto in conformità alla norma di prodotto eventualmente applicabili e deve altresì contenere i seguenti controlli minimi:
 - o controlli di accettazione di tutti i materiali
 - o delle caratteristiche dimensionali e geometriche dell'armatura assemblata, di eventuali inserti;
 - o della cassetatura/stampi;

- dei valori di tesatura/stagionatura/taglio trefoli;
- dei getti;
- della scasseratura.

Il piano dovrà essere corredato da una procedura che identifichi le modalità di qualifica dei fornitori nonché le modalità di identificazione e rintracciabilità dei prodotti e di tenuta sottocontrollo delle strumentazioni di misura.

L'impiego di manufatti totalmente o parzialmente prefabbricati richiede la preventiva autorizzazione della Direzione Lavori che potrà essere rilasciata solo dopo aver esaminato la documentazione, verificato la previsione d'utilizzo del manufatto prefabbricato e del suo organico inserimento nel Progetto.

Documenti di accompagnamento delle forniture in cantiere

Le forniture in cantiere dovranno essere accompagnate, oltre che dalla Dichiarazione di Prestazione, da apposite istruzioni nelle quali vengono indicate le procedure relative alle operazioni di trasporto e montaggio degli elementi prefabbricati ai sensi del § 11.8.5 delle NTC 2018.

Tali istruzioni dovranno almeno comprendere, come previsto dal § 11.8.5 delle NTC 2018:

- a) i disegni d'assieme che indichino la posizione e le connessioni degli elementi nel complesso dell'opera, compreso l'elenco degli elementi forniti con relativi contrassegni;
- b) apposita relazione sulle caratteristiche dei materiali richiesti per le unioni e le eventuali opere di completamento;
- c) le istruzioni di montaggio con i necessari dati per la movimentazione, la posa e la regolazione dei manufatti;
- d) elaborati contenenti istruzioni per il corretto impiego e la manutenzione dei manufatti. Tali elaborati dovranno essere consegnati dal Direttore dei Lavori al Committente, a conclusione dell'opera;
- e) per elementi di serie qualificati, certificato di origine firmato dal fabbricante, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore, e dal Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale;
- f) documentazione, fornita per i prefabbricati di produzione occasionale (§ 11.8.1 NTC2018) e comunque di particolare rilevanza strutturale, attestante i risultati delle prove a compressione effettuate in stabilimento su cubi di calcestruzzo (estratto del Registro di produzione) e copia dei certificati relativi alle prove effettuate da un laboratorio incaricato ai sensi dell'art. 59 del DPR n. 380/2001; tali documenti devono essere relativi al periodo di produzione dei manufatti;
- g) le schede e documenti attestanti l'avvenuta effettuazione e l'esito dei controlli minimi.

Nello specifico dovrà essere consegnato al Direttore dei Lavori il certificato di origine firmato dal fabbricante, il quale con ciò assume per i manufatti stessi le responsabilità che la legge attribuisce al costruttore e al Direttore Tecnico responsabile della produzione. Il certificato, che deve garantire la rispondenza del manufatto alle caratteristiche di cui alla documentazione depositata presso il Servizio Tecnico Centrale, deve riportare il nominativo del progettista e copia dell'attestato di qualificazione rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale.

Copia del certificato d'origine dovrà essere allegato alla relazione del Direttore dei Lavori di cui all'art. 65 del DPR n. 380/2001 (Relazione a struttura ultimata).

h) I disegni as built dell'opera prefabbricata.

10.7 CONTROLLI IN CORSO D'OPERA SULLE MISCELE

La Direzione Lavori eseguirà controlli di accettazione e prelievi periodici delle miscele al loro ingresso in cantiere secondo le modalità e la frequenza indicate ai §§ 11.2.2, 11.2.4 e 11.2.5 delle NTC 2018, su miscele omogenee di conglomerato come definite al § 11.2.1 del citato Decreto per verificare la corrispondenza tra le caratteristiche dei materiali e degli impasti impiegati e quelle definite in sede di qualifica e l'utilizzo delle miscele previste per le varie parti delle opere.

Controlli di accettazione delle miscele all'arrivo in cantiere

Prima di accettare la fornitura in cantiere e di procedere con i getti e i prelievi, dovranno essere eseguiti, alla presenza di un incaricato della Direzione dei Lavori, i seguenti controlli:

- verificare che le condizioni ambientali (temperatura, vento, pioggia) siano compatibili con le specifiche di accettabilità del presente capitolato e di prequalifica. Si definisce comunque “ordinaria” la maturazione del calcestruzzo che avviene a temperatura ambiente ($5 \pm 32^\circ\text{C}$) con esclusione d'ogni intervento esterno di riscaldamento o raffreddamento. In caso di temperature dell'aria inferiori a 5°C e superiori a 32°C occorre il rispetto delle prescrizioni di cui ai rispettivi paragrafi di questo capitolato. Nel caso ci sia il rischio che pioggia o altra acqua corrente possano dilavare il cemento e i fini del calcestruzzo fresco durante il getto occorre procedere solo in presenza di adeguate protezioni a cura ed onere dell'Appaltatore. Le operazioni di getto possono iniziare e proseguire solo se tale verifica è soddisfatta;
- verificare che gli elementi contenuti nel documento di consegna (R_{ck} , classe di consistenza, classe di esposizione, diametro massimo dell'aggregato, tipo di cemento, ecc.) siano conformi alle specifiche di qualifica per la parte d'opera in costruzione e respingere il carico in caso di loro mancata corrispondenza. Questo controllo deve essere fatto dall'Esecutore su tutte le forniture in ingresso e in contraddittorio con la Direzione Lavori quando è previsto il prelievo per la verifica delle resistenze (ogni 100 mc di miscela omogenea o giorno di getto nel caso di getti inferiori ai 100mc);
- verificare che il tempo intercorrente tra il confezionamento dell'impasto all'impianto (data di inizio carico in betoniera così come riportato nel documento di trasporto) e l'inizio delle operazioni di scarico non sia superiore a quanto accettato in fase di qualifica. Nel caso in cui tale tempistica non sia rispettata occorre sempre eseguire la prova di consistenza nelle modalità di cui al successivo paragrafo.

Controlli e prove sul conglomerato cementizio fresco

In corso di lavorazione l'Appaltatore deve eseguire, in contraddittorio con la Direzione Lavori, i seguenti controlli con le modalità e frequenze riportate:

- *Consistenza*: il controllo della consistenza deve essere fatto ogni 100 mc di miscela omogenea o giorno di getto nel caso di getti inferiori ai 100mc o con frequenze maggiori se ritenuto necessario dalla Direzione Lavori, secondo le modalità seguenti; per *CLS da asciutti a superfluidi*, la prova di consistenza si eseguirà misurando l'abbassamento al cono (slump), come disposto dalla Norma UNI EN 12350-2. Tale prova sarà considerata significativa per abbassamenti compresi 2 e 23 cm.

Se pompato, il conglomerato cementizio dovrà avere alla bocca di uscita della tubazione il valore dello slump di progetto. Se la consistenza non è quella prescritta, con tolleranza di ± 2 cm tra un impasto e l'altro nella stessa giornata di getto per la medesima opera, lo stesso non dovrà essere impiegato per l'opera ma scaricato in luogo appositamente destinato dall'Appaltatore o restituito all'impianto ove è stato prodotto. Tuttavia se la consistenza è minore di quella prescritta (minore slump) e il conglomerato cementizio è ancora nell'autobetoniera, la consistenza può essere portata fino al valore prescritto mediante aggiunta d'additivi fluidificanti, e l'aggiunta sarà registrata sulla bolla di consegna. Il dosaggio complessivo di additivo al mc di miscela non dovrà superare la quantità stabilita nel mix design. L'additivo superfluidificante di prima e seconda additivazione dovrà essere di identica marca e tipo. Nel caso in cui il mix design preveda l'uso di additivo fluidificante come prima additivazione, associato ad additivo superfluidificante a piè d'opera, questi dovranno essere di tipo compatibile e preventivamente sperimentati in fase di progettazione del mix design e di prequalifica della miscela. Dopo la seconda aggiunta di additivo, sarà comunque necessario assicurare la miscelazione per almeno 10 minuti prima dello scarico del calcestruzzo; la DL potrà richiedere una miscelazione più prolungata in funzione dell'efficienza delle attrezzature e delle condizioni di miscelamento. Si pone assoluto divieto all'aggiunta d'acqua durante le operazioni di getto, a tal fine il serbatoio d'acqua della autobetoniera dovrà risultare sempre pieno all'atto del getto e il relativo rubinetto deve essere dotato di apposito sigillo di sicurezza da applicare sulla maniglia.

- *Omogeneità*: la prova d'omogeneità sarà eseguita vagliando ad umido due campioni di conglomerato, prelevati a 1/5 e 4/5 dello scarico della betoniera, attraverso il vaglio a maglia quadra da 4 mm. La percentuale in peso di aggregato grosso nei due campioni non dovrà differire più del 6%. Inoltre lo slump dei due campioni prima della vagliatura non dovrà differire più di 3 cm. Questo controllo deve essere fatto per ogni giorno di getto su ogni miscela omogenea;
- *Contenuto d'aria*: la prova del contenuto d'aria secondo la Norma UNI EN 12350-7 è richiesta per tutti i calcestruzzi aerati e dovrà essere effettuata per ogni giorno di getto su ogni miscela omogenea. Quando il contenuto percentuale d'aria aggiunta non sarà quello preliminarmente stabilito, l'autobetoniera sarà allontanata dal cantiere;
- *Rapporto acqua/cemento-acqua essudata*: il rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio fresco dovrà essere controllato in cantiere, secondo la Norma UNI 11201, e l'acqua essudata (bleeding secondo UNI 7122) deve essere fatto per ogni giorno di getto su ogni miscela omogenea;

- *Tempo di inizio e fine presa*: secondo la Norma UNI 7123 a discrezione della Direzione Lavori a seconda delle esigenze esecutive;
- *Temperatura della miscela*: quando al momento del getto la temperatura dell'aria è minore di 5°C occorre verificare la temperatura della miscela nel rispetto dei limiti esplicitati in seguito. Quando invece la temperatura dell'aria supera i 32°C la temperatura della miscela al momento del getto non deve superare il limite chiariti in seguito.

La Direzione Lavori si riserva la facoltà di prelevare quando lo ritenga opportuno, ulteriori campioni di materiali o di conglomerato cementizio da sottoporre ad esami o prove di laboratorio.

Prelievi dei conglomerati cementizi

Il prelevamento dei campioni deve essere eseguito in modo tale che non sia possibile un cambiamento sostanziale delle proprietà e della composizione del calcestruzzo tra il momento del campionamento e quello della posa in opera. Pertanto il prelievo del conglomerato per i controlli di accettazione si deve eseguire all'uscita della betoniera (non prima di aver scaricato almeno 0.3 m³ di conglomerato e possibilmente a metà del carico), conducendo tutte le operazioni in conformità con le prescrizioni indicate nelle NTC2018 e nella norma UNI-EN 206.

Il numero minimo e la tipologia dei controlli di accettazione relativi alla classe di resistenza sarà conforme a quanto previsto al § 11.2.5 delle NTC2018 e consistente in un prelievo ogni 100 mc di miscela omogenea o giorno di getto nel caso di getti inferiori ai 100 mc. E' obbligo del Direttore dei Lavori prescrivere ulteriori prelievi rispetto al numero minimo indicato tutte le volte che variazioni di qualità e/o provenienza dei costituenti dell'impasto possano far presumere una variazione di qualità del calcestruzzo stesso, tale da non poter più essere considerato omogeneo.

In particolare, i campioni di calcestruzzo devono essere preparati con casseforme rispondenti alla norma UNI EN 12390-1, confezionati e stagionati secondo le indicazioni riportate nella norma UNI EN 12390-2 e provati presso un laboratorio Ufficiale secondo la UNI EN 12390-3 determinando altresì la massa volumica secondo la UNI EN 12390-7. Le casseforme devono essere realizzate con materiali rigidi; al fine di prevenire deformazioni durante le operazioni di preparazione dei provini, devono essere a tenuta stagna e non assorbenti. La geometria delle casseforme deve essere cubica, di lato pari a 150 mm.

Con il calcestruzzo di ciascun prelievo verranno confezionate almeno due coppie di provini per il cemento armato e almeno tre coppie di provini per il cemento armato precompresso. Il Direttore dei Lavori o un tecnico di sua fiducia provvederanno ad identificare ciascun provino mediante scritte indelebili su fascette di plastica inserite nella superficie del provino fresco e non rimovibili.

I provini verranno lasciati nelle casseforme, protetti per evitare l'evaporazione dell'acqua e riposti in ambienti chiusi a temperatura tra 15 e 25 °C; gli stessi saranno appoggiati al di sopra di una superficie orizzontale piana in posizione non soggetta ad urti e vibrazioni in adeguate strutture predisposte dall'Impresa.

Il calcestruzzo campionato deve essere lasciato all'interno delle casseforme per almeno 16 ore. Trascorso questo termine, a cura dell'Impresa, i provini dovranno essere conservati, una volta rimossi dalle casseforme, in acqua alla temperatura

costante di 20 ± 2 °C, oppure in ambiente termostato posto alla temperatura di 20 ± 2 °C ed umidità relativa superiore al 95%. Nel caso di conservazione in acqua dei provini, il contenitore deve avere dei ripiani realizzati con griglie (è consentito l'impiego di reti elettrosaldate) per fare in modo che tutte le superfici siano a contatto con l'acqua.

L'Impresa sarà responsabile delle operazioni di corretta conservazione dei provini campionati e della loro custodia in cantiere prima dell'invio al Laboratorio Ufficiale incaricato di effettuare le prove di schiacciamento unitamente ad una domanda ufficiale di richiesta prove sottoscritta dalla Direzione Lavori, la quale alleggerà a tale richiesta, copia del verbale di prelievo.

Resistenza dei conglomerati cementizi

La resistenza cubica dei conglomerati cementizi verrà controllata mediante i *controlli di accettazione*, che dovranno essere effettuati, per ciascuna opera o parte di opera, su tutte le miscele qualificate impiegate. Le resistenze di prelievo a 28 giorni verranno determinate dal Laboratorio Ufficiale secondo le UNI EN 12390-3 e 4, e verranno utilizzate per verifica della conformità della resistenza del calcestruzzo impiegato a quella di Progetto.

Le prove a compressione vanno eseguite tra il 28° e il 30° giorno di maturazione e comunque entro 45 giorni dalla data di prelievo.

La verifica verrà eseguita con il metodo statistico (tipo B) mentre solo per volumi di miscela omogenea minori di 1500 m³ potrà essere utilizzato il metodo tipo A.

In entrambi i seguenti casi (controllo Tipo A o B), nulla sarà dovuto all'Appaltatore se la resistenza R_{ck} risulterà maggiore di quella indicata negli elaborati progettuali.

- Controlli di accettazione con metodo Tipo A

Un controllo di accettazione di tipo A è riferito ad un quantitativo di miscela omogenea non maggiore di 300 m³ ed è rappresentato da tre prelievi, ciascuno dei quali eseguito su un massimo di 100 m³ di getto. Per ogni giorno di getto va eseguito almeno un prelievo. Dovrà risultare per ogni gruppo di tre prelievi:

- $R_{c,min} \geq R_{ck} - 3.5$
- $R_{cm,28} \geq R_{ck} + 3.5$

Dove:

$R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm²);

$R_{cm,28}$ = resistenza media dei prelievi (N/mm²);

R_{ck} è la resistenza caratteristica di progetto.

Nelle costruzioni con meno di 100 m³ di getto di miscela omogenea, fermo restando l'obbligo di almeno 3 prelievi e del rispetto delle limitazioni di cui sopra, è consentito derogare dall'obbligo di prelievo giornaliero.

- Controlli di accettazione con metodo Tipo B

Il controllo di tipo B, riferito a una definita miscela omogenea, va eseguito con una frequenza non minore di un controllo ogni 1500 m³ di calcestruzzo. Per ogni getto di miscela va eseguito almeno un prelievo e complessivamente almeno 15 prelievi sui 1500 m³.

Devono essere verificate le disuguaglianze:

- $R_{c,min} \geq R_{ck} - 3.5$
- $R_{cm28} \geq R_{ck} + 1.48 s$

Dove:

s è lo scarto quadratico medio;

$R_{c,min}$ = minore valore di resistenza dei prelievi (N/mm²);

R_{cm28} = resistenza media dei prelievi (N/mm²);

R_{ck} è la resistenza caratteristica di Progetto.

- Controllo della resistenza per tempi inferiori a 28 giorni

Per il cemento armato la prima coppia verrà provata a 7 giorni e la seconda a 28 giorni. Per il cemento armato precompresso si eseguiranno le prove a 3, 7 e 28 giorni. Il valore medio delle resistenze di ciascuna coppia verrà designato "resistenza di prelievo".

I valori delle resistenze di prelievo a 3 oppure a 3 e 7 giorni, verranno determinati presso il Laboratorio della Direzione dei Lavori e impiegati per confronto con i dati corrispondenti ottenuti in fase di qualifica all'impianto, per una contabilizzazione provvisoria in attesa dei dati a 28 giorni.

Nel caso che la resistenza ricavata dalle prove a 7 giorni risultasse inferiore a quella prevista, la Direzione Lavori, nell'attesa dei risultati ufficiali, potrà a suo insindacabile giudizio ordinare la sospensione dei getti dell'opera interessata senza che l'Appaltatore possa accampare per questo alcun diritto.

10.8 CONTROLLI SUGLI ELEMENTI PREFABBRICATI

Controlli in stabilimento

Per i prefabbricati il Direttore dei Lavori deve eseguire visite di controllo presso lo stabilimento di prefabbricazione in contraddittorio e con l'assistenza dell'Appaltatore, in fase di qualifica iniziale e periodiche, con lo scopo di:

- Verificare la presenza di un processo di realizzazione degli elementi prefabbricati idoneo ad una produzione continua grazie all'uso di apparecchiature adeguate;
- Verificare la presenza di un sistema di controllo della produzione;

- Verificare la corretta posa delle armature metalliche (diametro, numero e posizione dei ferri, copriferro);
- Eseguire un prelievo in contraddittorio tra un rappresentante dello stabilimento, dell'Appaltatore e della Direzione Lavori di n. 3 spezzoni di acciaio di armatura o altro ritenuto significativo dalla direzione lavori;
- Al prelievo in contraddittorio di due coppie di provini di calcestruzzo;
- All'esecuzione in contraddittorio di parte o tutte le prove sul calcestruzzo fresco.

Tutti i provini verranno spediti a cura ed onere del prefabbricatore presso il suo laboratorio incaricato ai sensi dell'art 59 del D.P.R. n. 380/2001.

Controlli sulle forniture all'arrivo in cantiere

Come prescritto al § 11.8.3.4 delle NTC2018 è necessario verificare che ogni elemento prefabbricato prodotto in serie arrivato in cantiere, sia accompagnato dal DDT, marcatura CE e DoP e comunque sia stato appositamente contrassegnato da marchiatura fissa, indelebile o comunque non rimovibile, in modo da garantire la rintracciabilità e la visibilità dopo la posa del fabbricante e dello stabilimento di produzione, nonché individuare la serie di origine dell'elemento.

Inoltre, per manufatti di peso superiore ad 8 kN, dovrà essere indicato in modo visibile, per lo meno fino all'eventuale getto di completamento, anche il peso dell'elemento.

Occorre altresì verificare che ogni singolo elemento sia integro da sbecature, crepe o altro difetto causato da incauto trasporto e movimentazione degli elementi.

Inoltre sul 5% degli elementi si procederà alla verifica delle geometrie degli elementi prefabbricati rispetto ai documenti di progetto e di qualifica.

Per gli elementi facciavista è previsto altresì il controllo del rispetto della finitura accettata in fase di qualifica.

Tali verifiche devono essere eseguite in contraddittorio tra Direzione Lavori ed Appaltatore sia all'arrivo in cantiere delle forniture, sia dopo l'eventuale stoccaggio temporaneo nella aree di deposito dedicate e comunque al termine della movimentazione degli elementi prima della definitiva posa in opera.

Controlli sulla resistenza, sul copriferro e sulle armature degli elementi prefabbricati giunti in cantiere

Ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori, potranno essere eseguite a campione prove di resistenza del calcestruzzo nel manufatto, mediante carotaggio, della correttezza del copriferro e dell'armatura dell'elemento prefabbricato. Tali elementi non saranno impiegati nella realizzazione dell'opera e verranno smaltiti. Se tali prove dimostrassero la conformità degli elementi prefabbricati alle specifiche di progetto e di qualifica verranno compensati a parte così come gli eventuali oneri per il trasporto a discarica e lo smaltimento del materiale di risulta.

10.9 MODALITÀ DI ESECUZIONE

Per quanto non esplicitamente indicato nella presente sezione e in progetto, in ottemperanza al § 4.1.7 delle NTC2018, si farà riferimento alla norma UNI EN 13670 “Esecuzione di strutture in Calcestruzzo” ed alle “Linee Guida per la messa in opera del calcestruzzo strutturale” pubblicate dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (settembre 2017).

In tutte le fasi esecutive, comprese le fasi di preparazione e di sistemazione finale delle aree, per gli aspetti e le problematiche relative a temi ambientali, quali impatti acustici e vibrazionali, emissioni in atmosfera, impatto sulle acque superficiali, sotterranee e sul suolo, impatti sulla componente fauna e vegetazione, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente, alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale.

Programma e registro getti

L’Impresa esecutrice è tenuta a presentare, nei modi e nei tempi previsti dal Contratto, un programma dei getti che saranno eseguiti nelle giornate successive. Laddove il Contratto non riporti indicazioni al riguardo il programma getti deve essere consegnato almeno il giorno precedente l’esecuzione dei getti e deve contenere un elenco numerato in funzione delle attività previste con le seguenti indicazioni:

- data e ora di esecuzione del getto;
- ubicazione del getto (WBS opera, parte d’opera, direzione carreggiata, pk, ecc);
- R_{ck} , codice di riferimento del mix e classe di resistenza del conglomerato cementizio in accordo ai documenti di qualifica e di progetto;
- metri cubi di calcestruzzo previsti;
- impianto di betonaggio di provenienza;
- ragione sociale dell’impresa che esegue materialmente le operazioni di getto;
- eventuale utilizzo di pompa;
- durata e modalità di stagionatura.

Ogni variazione al programma deve essere comunicata (salvo casi dovuti a motivi di sicurezza), in forma scritta, con un preavviso minimo di 1 giorno.

Inoltre, l’Impresa esecutrice deve verificare per ogni singola miscela la relativa autorizzazione al getto, la rispondenza alle specifiche di progetto previste per l’opera o parte d’opera ove è previsto il getto, nonché la presenza di una specifica di stagionatura delle opere/parti d’opera da realizzare.

Si prescrive infine l’obbligo di mantenere compilato ed aggiornato un registro di tutti i getti eseguiti che ne consenta la rintracciabilità da consegnare settimanalmente alla Direzione Lavori.

Confezionamento dei conglomerati cementizi

I conglomerati cementizi possono essere confezionamento solo in impianti dotati di processo industrializzato ed in possesso della certificazione FPC preventivamente accettati dalla Direzione Lavori. Pertanto, non occorrerà eseguire alcun esame dell'impianto da parte della Direzione Lavori stessa, la quale si limiterà ad acquisire la documentazione di prequalifica e di qualificare in contraddittorio le miscele all'impianto nelle modalità disciplinate dal presente capitolato.

Trasporto e consegna

Il trasporto dei conglomerati cementizi dall'impianto di betonaggio al luogo d'impiego dovrà essere effettuato con mezzi idonei al fine di evitare la possibilità di segregazione dei singoli componenti e comunque tali da evitare ogni possibilità di deterioramento del conglomerato cementizio medesimo.

Saranno accettate in funzione della durata e della distanza di trasporto, le autobetoniere e le benne a scarico di fondo. Ciascuna consegna di calcestruzzo, anche prodotto presso impianti interni al cantiere, dovrà essere accompagnata da un DdT (Documento di Trasporto) che dovrà riportare le seguenti informazioni:

- dichiarazione di conformità alle specifiche della UNI EN 206;
- classe di resistenza, di esposizione, del contenuto di cloruri, di consistenza;
- valori limite della composizione del cls (se specificati);
- tipo e classe del cemento, di additivo e di aggiunta (se specificati), tipo e contenuto di fibre (se specificate);
- D max dell'aggregato;
- dati di ciclo inteso come confronto tra composizione teorico e reale riferiti al carico trasportato;
- nome dell'impianto, n. di serie del DDT, data e ora di carico (cioè ora del primo contatto tra cemento e acqua), identificativo del veicolo, nome dell'acquirente, nome e ubicazione del cantiere precisando WBS e parte d'opera;
- quantità del cls in mc;
- ora di arrivo in cantiere del cls, ora di inizio scarico, ora di fine scarico.

L'appaltatore si impegna ad esibire settimanalmente detta documentazione e a consegnare alla Direzione Lavori copia in pdf dei DDT relativi ai getti eseguiti nel periodo.

L'uso delle pompe sarà consentito a condizione che l'Appaltatore adotti, a sua cura e spese, provvedimenti idonei a mantenere il valore prestabilito del rapporto acqua/cemento del conglomerato cementizio alla bocca d'uscita della pompa.

Operazioni preliminari alla posa dei conglomerati cementizi

Le operazioni di getto potranno essere avviate solo dopo l'esecuzione dei tracciamenti topografici da parte dell'Appaltatore e della verifica degli scavi, delle casseforme e delle armature metalliche da parte della Direzione Lavori. Prima di effettuare qualsiasi getto di calcestruzzo di fondazione, dovrà essere predisposto sul fondo dello scavo, dopo aver eseguito la pulizia ed il costipamento dello stesso, uno strato di calcestruzzo "magro" avente classe di consistenza e spessore secondo le previsioni progettuali con funzione di piano di appoggio livellato e di cuscinetto isolante contro

l'azione aggressiva del terreno.

Alla consegna in cantiere, l'Impresa avrà cura di depositare l'acciaio in luoghi protetti dagli agenti atmosferici. In particolare, per quei cantieri posti ad una distanza inferiore a 2 km dal mare, le barre di armatura dovranno essere protette, con appositi teli, dall'azione dell'aerosol marino. I ferri d'armatura non devono per alcun motivo essere scaricati direttamente sul terreno per evitare che si sporchino, al riguardo occorre posizionare un adeguato telo di separazione con appositi distanziatori rispetto al piano di appoggio. L'Appaltatore è responsabile della manutenzione delle aree di stoccaggio al fine di mantenerle in piena efficienza per tutta la durata del cantiere.

Le gabbie d'armatura dovranno essere, per quanto possibile, composte fuori opera e i ferri sagomati negli stabilimenti.

Nella posa in opera delle armature devono essere rispettate le indicazioni progettuali in merito:

- al posizionamento;
- allo spessore del copriferro nominale;
- all'interferro;
- alle giunzioni.

In corrispondenza di tutti i nodi dovranno essere eseguite legature doppie incrociate in filo di ferro ricotto di diametro non inferiore a 0,6 mm, in modo da garantire l'invariabilità della geometria della gabbia durante il getto. La legatura con punti di saldatura non è ammessa in cantiere ma solo negli stabilimenti di presagomatura.

Nella posa in opera delle armature metalliche entro i casseri è prescritto tassativamente l'impiego di opportuni distanziatori:

- al fondo delle cassaforme si useranno elementi prefabbricati in fibrocemento di sezione quadrata o triangolare, scegliendo prodotti di resistenza prossima a quella del conglomerato;
- lungo le pareti verticali si dovranno impiegare distanziatori ad anello in materiale plastico.

L'uso dei distanziatori dovrà essere esteso anche alle strutture di fondazione armate. I distanziatori utilizzati per garantire i copriferri ed eventualmente le reciproche distanze tra le barre di armatura, dovranno essere in plastica o a base di malta cementizia di forma e geometria tali da minimizzare la superficie di contatto con il cassero. In assenza di tali distanziatori la Direzione Lavori non darà il proprio assenso all'inizio delle operazioni di getto.

Le giunzioni possono essere effettuate mediante:

- saldature ma solo presso gli stabilimenti di presagomatura e non in cantiere previo accertamento della saldabilità dell'acciaio in uso e della sua compatibilità con il metallo d'apporto, nelle posizioni o condizioni operative previste nel progetto esecutivo. Le saldature non devono essere eseguite in una parte curva o in prossimità di una curva dell'armatura. La saldatura per punti è ammessa solo per l'assemblaggio delle armature. Non deve essere permessa la saldatura delle armature di acciaio galvanizzato a meno di diverse specifiche prescrizioni, che indichino il procedimento da seguire per il ripristino della protezione;
- manicotto filettato;
- sovrapposizione.

La sovrapposizione deve essere calcolata in modo da assicurare l'ancoraggio di ciascuna barra; in ogni caso la lunghezza

di sovrapposizione, per le barre rette, non deve essere minore di 20 volte il diametro e la prosecuzione di ciascuna barra deve essere deviata verso la zona compressa. La distanza mutua (intraferro) nella sovrapposizione non deve superare 4 volte il diametro.

L'Appaltatore, con riferimento alla UNI EN 13670, dovrà adottare inoltre tutti gli accorgimenti necessari affinché le gabbie mantengano la posizione di Progetto all'interno delle casseforme durante le operazioni di getto.

È a carico dell'Appaltatore l'onere della posa in opera delle armature metalliche, anche in presenza d'acqua o fanghi bentonitici, nonché i collegamenti equipotenziali.

In tutte le fasi esecutive, comprese le fasi di preparazione e di sistemazione finale delle aree, per gli aspetti e le problematiche relative a temi ambientali, quali impatti acustici e vibrazionali, emissioni in atmosfera, impatto sulle acque superficiali, sotterranee e sul suolo, impatti sulla componente fauna e vegetazione, si rimanda integralmente a quanto prescritto dalla Normativa Nazionale e Regionale vigente, alle prescrizioni degli Enti preposti alla tutela ambientale.

Per quanto riguarda l'armatura di precompressione, l'Appaltatore dovrà attenersi rigorosamente alle prescrizioni contenute nei calcoli statici e nei disegni esecutivi per tutte le disposizioni costruttive, ed in particolare per quanto riguarda:

- il tipo, il tracciato, la sezione dei singoli cavi;
- le fasi d'applicazione della precompressione;
- la messa in tensione da uno o da entrambi gli estremi;
- le eventuali operazioni di ritaratura delle tensioni;
- i dispositivi speciali come ancoraggi fissi, mobili, intermedi, manicotti di ripresa, ecc.

Oltre a quanto prescritto dalle vigenti norme di legge si precisa che, nella posa in opera delle armature di precompressione, l'Appaltatore dovrà assicurarne l'esatto posizionamento mediante l'impiego d'appositi supporti, realizzati per esempio con pettini in tondini d'acciaio. Per quanto riguarda l'iniezione nei cavi di precompressione e la tesatura in cantiere, si rimanda all'articolo specifico del presente capitolato.

L'Impresa comunicherà preventivamente alla Direzione Lavori il sistema e le modalità esecutive che intende adottare per realizzare i casseri e le relative opere di sostegno, ferma restando l'esclusiva responsabilità dell'Impresa stessa per quanto riguarda la progettazione e l'esecuzione di tali opere provvisorie e la loro rispondenza a tutte le norme di legge ed ai criteri di sicurezza che comunque possono riguardarle. Il sistema prescelto dovrà comunque essere atto a consentire la realizzazione delle opere in conformità alle disposizioni contenute nel progetto esecutivo.

L'Appaltatore dovrà progettare le cassaforme e le relative strutture di contrasto in modo da resistere alla spinta idrostatica di un battente di calcestruzzo fluido pari alla parete della cassaforma.

Nel caso di casseratura a perdere, inglobata nell'opera occorre verificare la sua funzionalità, se è elemento portante, e che non sia dannosa, se è elemento accessorio.

Le casseforme dovranno essere atte a garantire superfici di getto regolari ed a perfetta regola d'arte; in tal senso l'Appaltatore provvederà, quando necessario alla posa di opportuni ponteggi ed impalcature, previa presentazione ed approvazione da parte della Direzione Lavori dei relativi progetti. Le parti componenti i casseri debbono essere a perfetto contatto e sigillate con idoneo materiale per evitare la fuoriuscita di boiaccia cementizia.

Il Direttore dei Lavori, a suo insindacabile giudizio, può richiedere l'allontanamento immediato di quei casseri ritenuti rovinati o non più idonei all'uso e la sostituzione con altri nuovi senza che ciò possa costituire diritto per richieste di indennizzo di alcuna natura, né diretto sul costo dei casseri, né indiretto per eventuali ritardi nell'esecuzione dei getti.

Dovranno essere impiegati prodotti disarmanti aventi i requisiti di cui alle specifiche della Norma UNI 8866; le modalità d'applicazione dovranno essere quelle indicate dal produttore evitando accuratamente aggiunte eccessive e ristagni di prodotto sul fondo delle casseforme.

Il disarmante impiegato non deve macchiare o danneggiare la superficie del conglomerato. A tale scopo saranno usati prodotti efficaci per la loro azione specifica escludendo i lubrificanti di varia natura. Nel caso di utilizzo di casseforme impermeabili, per ridurre il numero delle bolle d'aria sulla superficie del getto, si dovrà fare uso di disarmante con agente tensioattivo in quantità controllata e la vibrazione dovrà avvenire contemporaneamente al getto.

In generale, a parità di caratteristiche tecniche, si dovrà preferire prodotti più sostenibili dal punto di vista ambientale.

Si dovranno rimuovere dall'interno dei casseri e della superficie dei ferri d'armatura eventuali residui polvere, terriccio o di ghiaccio o di brina eventualmente venutasi a formare durante le ore notturne.

Dovunque sia possibile, gli elementi dei casseri saranno fissati nell'esatta posizione prevista utilizzando fili metallici liberi di scorrere entro tubetti di materiale PVC o simile, di colore grigio, destinati a rimanere incorporati nel getto di conglomerato cementizio, armato o non armato.

Getto del calcestruzzo

L'Appaltatore deve verificare la conformità dell'armatura al progetto nonché la geometria plano-altimetrica dei casseri con rilievo topografico da trasmettere alla Direzione Lavori prima di avviare le operazioni di getto.

Solo a seguito della verifica con esito positivo degli scavi, delle casseforme, delle armature metalliche e di tutte le predisposizioni da parte della Direzione Lavori, l'Impresa potrà avviare le operazioni di getto.

Nel caso di getti contro terra, roccia, ecc., si deve controllare che la pulizia del sottofondo, il posizionamento d'eventuali drenaggi, la stesura di materiale isolante o di collegamento, siano eseguiti in conformità alle disposizioni di Progetto e delle presenti Norme.

Lo scarico del conglomerato dal mezzo di trasporto dovrà avvenire con tutti gli accorgimenti atti ad evitare la segregazione e favorire il flusso attraverso le armature e le parti più difficili da raggiungere nelle casseforme. A questo scopo il conglomerato dovrà scendere verticalmente al centro della cassaforma con un'altezza di caduta libera che, indipendentemente dal sistema di movimentazione e getto, non deve essere superiore ad 80 cm e sarà steso, mediante rastrelli o stagge, in strati orizzontali di spessore limitato e comunque non superiore a 50 cm misurati dopo la vibrazione.

Nel caso di getti di notevole estensione i punti di getto non dovranno distare più di cinque metri uno dall'altro (salvo l'impiego di calcestruzzo autocompattante).

È vietato scaricare il conglomerato in un unico cumulo e distenderlo con l'impiego del vibratore; se necessario si farà uso di tubi getto o si getterà mediante pompaggio però solo in presenza di calcestruzzi aventi classe di lavorabilità S4 – S5. Affinché l'operazione di pompaggio possa procedere in modo soddisfacente, è necessario che l'impasto sia alimentato in modo continuo, risulti uniforme, di buona qualità, omogeneamente mescolato e correttamente dosato, con aggregati di adeguato assortimento granulometrico.

Nel caso di getti verticali ed impiego di pompa, qualora le condizioni operative lo permettano e soprattutto con i calcestruzzi autocompattanti, si suggerisce di immettere il calcestruzzo dal fondo. Questo accorgimento favorisce la fuoriuscita dell'aria e limita la presenza di bolle d'aria sulla superficie. L'obiettivo è raggiunto fissando al fondo della cassaforma un raccordo di tubazione per pompa, munito di saracinesca, collegato al terminale della tubazione della pompa.

Il conglomerato cementizio sarà posto in opera e assestato con ogni cura in modo che le superfici esterne si presentino lisce e compatte, omogenee e perfettamente regolari ed esenti anche da macchie o chiazze. Per la finitura superficiale delle solette è prescritto l'uso di stagge vibranti o attrezzature equivalenti.

Eventuali ferri (filo, chiodi, reggette) che con funzione di legatura di collegamento casseri od altro, dovessero sporgere da getti finiti, dovranno essere tagliati almeno 1,5 cm sotto la superficie finita e le cavità risultanti saranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento espansivo.

Qualora la Società dovesse affidare i lavori di protezione superficiale dei conglomerati cementizi a ditte specializzate, nulla è dovuto all'Appaltatore per gli eventuali oneri che dovessero derivarle dalla necessità di coordinare le rispettive attività.

Quando il conglomerato cementizio deve essere gettato in presenza d'acqua, si dovranno adottare gli accorgimenti approvati dalla Direzione Lavori, necessari per impedire che l'acqua lo dilavi. Si farà uso a tale scopo di tubo getto, adottando gli accorgimenti necessari affinché venga realizzata una separazione all'interno del tubo tra l'acqua e il calcestruzzo in fase di getto iniziale. A regime il tubo getto dovrà essere pieno di calcestruzzo ed inserito per almeno 50 cm nel calcestruzzo già gettato. La Direzione Lavori dovrà vietare che il tubo getto venga sollevato ed abbassato per facilitare il flusso del conglomerato.

Getti in clima freddo

Una temperatura particolarmente rigida può produrre, sulla superficie del calcestruzzo non opportunamente protetta, effetti di sfarinamento o di scagliatura. Inoltre il calcestruzzo rimane comunque esposto al rischio di gelate e quindi a danni irreversibili, fino a quando non abbia raggiunto una resistenza meccanica alla compressione, pari ad almeno 5 N/mm².

Per evitare danni ai conglomerati cementizi in condizioni di clima freddo, occorre quindi rispettare le seguenti prescrizioni in merito a:

- Limitazioni all'esecuzione dei getti quando la temperatura dell'aria è minore di 5°C;
- Limitazioni della temperatura del calcestruzzo al momento della messa in opera;
- Mantenimento della temperatura del calcestruzzo dopo il getto.

Al fine di poter mettere in atto correttamente e verificare le prescrizioni riguardanti le temperature di getto, l'Appaltatore deve esporre in cantiere un termometro in grado di indicare le temperature minime e massime giornaliere.

In condizioni di temperatura ambientale inferiore a 5 °C il getto potrà essere eseguito solo nel caso vengano rispettate le seguenti prescrizioni:

- nel caso in cui la temperatura dell'aria sia compresa fra 0°C e 5°C, la produzione e la posa in opera del conglomerato cementizio devono essere sospese a meno che non sia garantita una temperatura dell'impasto, durante la fase di getto, entro i limiti indicati nel successivo paragrafo;
- per temperature comprese fra -4°C e 0°C, potranno essere eseguiti esclusivamente getti relativi a fondazioni, pali e diaframmi, a condizione che sia garantita una temperatura dell'impasto, durante la fase di getto, entro i limiti indicati nel successivo paragrafo;
- salvo situazioni eccezionali, da sottoporre comunque a preventiva approvazione del Direttore dei Lavori, non si deve procedere all'esecuzione di alcun getto quando la temperatura dell'aria esterna è inferiore a -4°C.

In ogni caso l'Appaltatore deve scegliere per il getto le ore più calde della giornata.

Quando al momento del getto la temperatura dell'aria è minore di 5 °C, allo scopo di impedire danni al congelamento del calcestruzzo, la temperatura minima della miscela al momento della messa in opera è in funzione della sezione minima del manufatto da realizzare e deve rispettare i limiti della seguente tabella:

Minima dimensione della sezione, mm ²			
300 (solette)	300-900 (muri)	900-1800	> 1800 (pile e plinti)
Minima temperatura ammessa del calcestruzzo al momento della messa in opera, °C			
13	10	7	5

Le temperature minime delle miscele indicate possono essere raggiunte ad esempio mediante un adeguato sistema di preriscaldamento degli inerti e/o dell'acqua di impasto all'impianto di betonaggio, con l'avvertenza che la temperatura raggiunta dall'impasto non sia superiore a 25°C. In alternativa, è possibile utilizzare, sotto la responsabilità dell'Impresa, additivi acceleranti di presa conformi alla UNI EN 934-2 e, se autorizzati dalla D.L., opportuni additivi antigelo a cura ed onere dell'Appaltatore.

Getti in clima caldo

Temperature elevate influenzano la qualità sia del calcestruzzo fresco che di quello indurito provocando una troppo rapida evaporazione dell'acqua di impasto ed una velocità di idratazione del cemento eccessivamente elevata.

I principali potenziali problemi per il calcestruzzo fresco riguardano:

- gli effetti di una più rapida perdita della lavorabilità del conglomerato,
- riduzione del tempo di presa
- i rischi della fessurazione da ritiro plastico,
- disidratazione rapida della superficie libera dei manufatti dopo la presa,

I principali potenziali problemi per il calcestruzzo indurito riguardano:

- riduzione della resistenza a 28 giorni,
- maggior ritiro per perdita di acqua,
- probabile insorgenza di fessure per effetto dei gradienti termici, specialmente se con miscele con classe di resistenza elevata e con spessore minimo superiore 0,5 m (si veda anche paragrafo sui getti massicci);
- forte variabilità nella qualità dell'aspetto della superficie dovuta alle differenti velocità di idratazione.

Per ovviare a tali potenziali problemi, durante la stagione calda, se la prevedibile temperatura ambiente supera i 32 °C, la temperatura del calcestruzzo fresco non dovrà essere superiore a 25 °C. A tale scopo si dovranno adottare opportuni accorgimenti, a cura ed onere dell'Appaltatore, quali:

- il raffreddamento dell'acqua se sufficiente e degli aggregati se necessario mediante innaffiamento con acqua fredda; in questo caso il sistema per la misura del contenuto d'acqua dell'aggregato dell'impianto di confezionamento del calcestruzzo dovrà essere verificato quotidianamente mediante la misura del rapporto acqua/cemento secondo UNI 11201;
- l'uso di ghiaccio in sostituzione di parte dell'acqua di impasto, avendo cura di computarne l'esatta quantità nel calcolo del rapporto a/c affinché il valore prescritto non subisca alcuna variazione;
- l'impiego di additivi ritardanti di presa e/o superfluidificanti per il mantenimento della lavorabilità conformemente alle indicazioni riportate nel presente capitolato e alle specifiche di qualifica preventivamente autorizzati dalla Direzione Lavori;
- raffreddamento delle casseforme metalliche mediante preventivi getti esterni di acqua fredda entro la temperatura massima di 32° C con tolleranza di 5°C;
- adeguata protezione delle superfici del getto per evitare eccessive variazioni termiche tra l'interno e la parte corticale dei getti;
- esecuzione dei getti al mattino, alla sera o di notte.

La Direzione Lavori procederà a misure della temperatura del calcestruzzo fresco che verrà rifiutato qualora questa risulti superiore al limite suddetto.

Compattazione

Per la compattazione del getto verranno adoperati vibratori a parete o ad immersione allo scopo di minimizzare il contenuto d'aria intrappolata (non aria aggiunta) fino al contenuto fisiologico in relazione al diametro massimo. Durante l'uso, si dovrà inserire ed estrarre lentamente il vibratore nel calcestruzzo fresco allo scopo di evitare difetti localizzati. Nel caso si adoperi il sistema di vibrazione ad immersione, l'ago vibrante deve essere introdotto verticalmente per l'intero spessore del getto fresco, per 5-10 cm in quello sottostante se ancora lavorabile e spostato, da punto a punto nel calcestruzzo, ogni 50 cm circa; la durata della vibrazione verrà protratta nel tempo in funzione della classe di consistenza del calcestruzzo:

Classe di consistenza	Tempo minimo di immersione dell'ago nel calcestruzzo – (s)
S4	10 – 15
S5	5 – 10

L'Appaltatore è sempre tenuto a verificare, prima di iniziare le operazioni di getto, che l'armatura presente nelle opere in c.a. consenta la possibilità di un utilizzo idoneo di vibratori. Nel caso non si riesca a garantire una corretta modalità di compattazione l'Appaltatore è tenuto ad adoperare un calcestruzzo autocompattante.

Nel caso di un calcestruzzo autocompattante senza vibrazione, è possibile raggiungere una distanza di scorrimento orizzontale di circa 10 metri; tale distanza, comunque, dipende anche dalla densità delle armature. È vietato l'impiego dei vibratori per distribuire l'eventuale calcestruzzo a bassa consistenza scaricato sulle casseforme.

La Direzione Lavori potrà disporre la verifica dell'efficacia della compattazione. Qualora la compattazione non sia entro i limiti definiti la Direzione Lavori potrà ricorrere a misure adeguate, fino alla sospensione dei lavori.

Informazioni estese per la compattazione del calcestruzzo sono contenute nella ACI 309 "Guide for Consolidation of Concrete" dell'American Concrete Institute.

Deve essere garantita la continuità del funzionamento delle attrezzature, possibilmente anche mediante apparecchiature di riserva, allo scopo di evitare rallentamenti e/o interruzioni delle operazioni di costipamento.

Stagionatura (maturazione) dei conglomerati cementizi

A getto ultimato dovrà essere curata la stagionatura dei conglomerati cementizi in modo da evitare un rapido prosciugamento delle superfici esposte all'aria dei medesimi (favorito da tempo secco e ventilato) e la conseguente formazione di fessure da ritiro plastico, usando tutte le cautele ed impiegando i mezzi più idonei allo scopo, fermo restando che il sistema proposto dall'Appaltatore dovrà essere approvato dalla Direzione Lavori in fase di qualifica.

Le superfici del conglomerato cementizio non casserate dovranno essere protette dalla rapida evaporazione dell'acqua di impasto e dall'essiccamento degli strati superficiali. Per consentire una corretta stagionatura è necessario immediatamente dopo il getto, anche nel periodo invernale, mantenere costantemente umide le superfici non casserate mediante:

- l'applicazione, di specifici film di protezione mediante la distribuzione nebulizzata di additivi stagionanti (agenti di

curing) conformi a quanto indicato nella Norma UNI 8656;

- l'irrorazione continua del getto con acqua nebulizzata, con temperature della stessa non inferiori di oltre 10°C rispetto a quelle della superficie del getto;
- la copertura delle superfici del getto con fogli di polietilene, sacchi di iuta o tessuto non tessuto mantenuto umido, in modo che si eviti la perdita dell'acqua di idratazione;
- la creazione attorno al getto, con fogli di polietilene od altro, di un ambiente mantenuto saturo di umidità;
- la creazione, nel caso di solette e getti a sviluppo orizzontale, di un cordolo perimetrale (in sabbia od altro materiale rimovibile) che permetta di mantenere la superficie completamente ricoperta da un costante velo d'acqua;
- l'impiego, anche limitatamente ad uno strato superficiale di spessore non minore di 20 cm, di conglomerato cementizio rinforzato da fibre di resina sintetica di lunghezza da 20 a 35 mm, di diametro d'alcuni millesimi di millimetro aggiunti nella betoniera e dispersi uniformemente nel conglomerato cementizio, in misura di 0,5÷1,5 kg/m³.

Per la valutazione del tempo necessario al mantenimento delle misure adottate per consentire la corretta stagionatura, a cura ed onere dell'Appaltatore, occorre rispettare i tempi di cui al prospetto F.2 della UNI EN 13670 (corrispondente ad una resistenza del calcestruzzo superficiale uguale al 50% della resistenza caratteristica specificata) che si riporta sotto per comodità.

Temperatura calcestruzzo superficiale (<i>t</i>), °C	Periodo di maturazione minimo, espresso in giorni ^{a)}		
	Sviluppo di resistenza del calcestruzzo ^{c) d)}		
	$(f_{cm2} / f_{cm28}) = r$		
	Rapido $r \geq 0,50$	Medio $0,50 > r \geq 0,30$	Lento $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,5	2,5	3,5
$25 > t \geq 15$	2,0	4	7
$15 > t \geq 10$	2,5	7	12
$10 > t \geq 5$ ^{b)}	3,5	9	18
a) Più l'eventuale periodo di presa maggiore di 5 h. b) Per temperature minori di 5 °C, la durata dovrebbe essere estesa per un periodo uguale al tempo trascorso al di sotto di 5 °C. c) Lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo è il rapporto della resistenza a compressione media a 2 giorni rispetto alla resistenza a compressione media a 28 giorni, determinata dalle prove iniziali o basata su prestazioni note di calcestruzzo di composizione paragonabile (vedere EN 206-1). d) Per uno sviluppo di resistenza del calcestruzzo molto lento, si dovrebbero indicare particolari requisiti nella specifica di esecuzione.			

Disarmo e scasseratura

Durante il periodo della stagionatura, i getti dovranno essere riparati da urti, vibrazioni e sollecitazioni d'ogni genere. La rimozione delle armature di sostegno dei getti dovrà essere effettuata quando siano state sicuramente raggiunte le prescritte resistenze negli elaborati di progetto e comunque mai prima di 24 ore. In assenza di specifici accertamenti, l'Appaltatore dovrà attenersi a quanto stabilito nel prospetto F.1 della UNI EN 13670 (corrispondente ad una resistenza del calcestruzzo superficiale uguale al 35% della resistenza caratteristica specificata) che si riporta sotto per comodità.

Temperatura calcestruzzo superficiale (<i>t</i>), °C	Periodo di maturazione minimo, espresso in giorni ^{a)}		
	Sviluppo di resistenza del calcestruzzo ^{c) d)}		
	$(f_{cm2} / f_{cm28}) = r$		
	Rapido $r \geq 0,50$	Medio $0,50 > r \geq 0,30$	Lento $0,30 > r \geq 0,15$
$t \geq 25$	1,0	1,5	2,5
$25 > t \geq 15$	1,0	2,5	5
$15 > t \geq 10$	1,5	4	8
$10 > t \geq 5$ ^{b)}	2,0	5	11
a) Più l'eventuale periodo di presa maggiore di 5 h. b) Per temperature minori di 5 °C, la durata dovrebbe essere estesa per un periodo uguale al tempo trascorso al di sotto di 5 °C. c) Lo sviluppo della resistenza del calcestruzzo è il rapporto della resistenza a compressione media a 2 giorni rispetto alla resistenza a compressione media a 28 giorni, determinata dalle prove iniziali o basata su prestazioni note di calcestruzzo di composizione paragonabile (vedere EN 206-1). d) Per uno sviluppo di resistenza del calcestruzzo molto lento, si dovrebbero indicare particolari requisiti nella specifica di esecuzione.			

Eventuali elementi metallici, quali chiodi o reggette che dovessero sporgere dai getti, dovranno essere tagliati almeno 1,0 cm sotto la superficie finita e gli incavi risultanti verranno accuratamente sigillati con malta fine di cemento ad alta adesione a cura ed onere dell'Appaltatore.

10.10 TOLLERANZE DI ESECUZIONE E NON CONFORMITÀ

La Direzione Lavori procederà sistematicamente, sia in corso d'opera che a struttura ultimata di prefabbricati e di getti eseguiti in cantiere, alla verifica delle quote, delle dimensioni indicate nel progetto esecutivo e alla qualità dei getti. Fermo restando quanto già disciplinato per i controlli e le prove sul conglomerato cementizio fresco si riportano i seguenti limiti di accettabilità oltre i quali la Direzione Lavori provvederà ad aprire un rapporto di non conformità.

Dimensioni e quote

Nelle opere finite, gli scostamenti ammissibili (tolleranze) "S" rispetto alle dimensioni e/o quote dei progetti sono riportate di seguito per i vari elementi strutturali:

- Fondazioni: plinti, platee, solettoni, ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate di progetto: $S = \pm 3,0\text{cm}$
- dimensioni in pianta: $S = - 3,0\text{ cm o } + 5,0\text{ cm}$
- dimensioni in altezza (superiore): $S = - 0,5\text{ cm o } + 3,0\text{ cm}$
- quota altimetrica estradosso: $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$

- Strutture in elevazione: pile, spalle, muri, ecc.:

- posizionamento rispetto alle coordinate degli allineamenti di progetto: $S = \pm 2,0\text{ cm}$
- dimensione in pianta (anche per pila piena): $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- spessore muri, pareti, pile cave o spalle: $S = - 0,5\text{ cm o } + 2,0\text{ cm}$
- quota altimetrica sommità: $S = \pm 1,5\text{ cm}$
- verticalità per $H \leq 600\text{ cm}$: $S = \pm 2,0\text{ cm}$
- verticalità per $H > 600\text{ cm}$: $S = \pm 2,0\text{ cm} \pm H(\text{cm})/1200$

In ogni caso, gli scostamenti dimensionali negativi non devono ridurre i copriferri minimi prescritti dal progetto. Per le tolleranze sopra riportate sono possibili variazioni qualora:

- nel progetto esecutivo siano stati indicati valori differenti per gli scostamenti ammessi;
- la Direzione dei Lavori, per motivate necessità, faccia esplicita richiesta di variazione dei valori senza che ciò possa dare diritto all'Appaltatore ad alcuna pretesa.

Qualora si evidenziassero dei superamenti delle tolleranze di cui sopra, oltre ai necessari ripristini a cura ed onere dell'Appaltatore che dovranno essere approvati dal Direttore dei Lavori, verrà applicata la penale a titolo definitivo del 10% sull'intera parte d'opera interessata.

Fessure

In caso di formazioni di fessure nel copriferro, la massima apertura superficiale ammessa senza dover ricorrere alle operazioni di ripristino, sarà funzione della classe di esposizione della struttura.

Salvo diversa indicazione del progettista, potranno prendersi come riferimento i limiti riportati al §4.1.2.2.4 delle NTC2018, incrementati di 0,1 mm per tener conto che essi si riferiscono al valore dell'apertura della fessura in corrispondenza dell'armatura e non in superficie:

- per armature poco sensibili (acciai per c.a. non precompresso, inossidabili, zincati o rivestiti con specifici prodotti tipo UNI EN 1504-7):
 - < 0,4 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC2;
 - < 0,3 + 0,1 mm: per classi di esposizione XC4, XD1;

Qualora si rilevino in superficie fessure di apertura superiori ai limiti sopra indicati, l'Impresa dovrà provvedere a sua cura a:

- per aperture < 0,1mm: nessun intervento;
- per aperture superiori a 0,1 mm ma < 0,4 mm: applicazione di protettivi superficiali filmogeni conformi alla UNI EN 1504-2 da scegliere in funzione dell'esposizione delle strutture agli agenti atmosferici con l'obiettivo di eliminare il pericolo della carbonatazione previa approvazione della Direzione Lavori;
- per aperture > 0,4 mm: sigillatura delle fessure mediante prodotti da iniezione conformi a UNI EN 1504-5 ed applicazione di protettivi superficiali filmogeni conformi alla UNI EN 1504-2 da scegliere in funzione dell'esposizione agli agenti atmosferici delle strutture con l'obiettivo di eliminare il pericolo della carbonatazione previa approvazione della Direzione Lavori.

Qualora si evidenziassero fessure, oltre ai ripristini di cui sopra, se l'incidenza dell'area fessurata risulterà superiore al 10% dell'area totale della parte d'opera di riferimento, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

Nei casi di danni più severi o per particolari criticità della struttura, eventuali interventi di demolizione e rifacimento delle strutture danneggiate potranno essere disposti dalla Direzione Lavori dopo opportuno approfondimento di indagini sullo stato fessurativo della struttura a cura ed onere dell'Appaltatore. Le suddette prescrizioni saranno applicate anche a tutti gli elementi prefabbricati e/o precompressi.

Regolarità dei getti

La regolarità dei getti, verificata con un'asta rettilinea della lunghezza di 2,00 m che in ogni punto dovrà aderirvi uniformemente nelle due direzioni longitudinale e trasversale, è ammessa soltanto per scostamenti inferiori a 10 mm. Eventuali irregolarità o sbavature dovranno essere asportate mediante bocciardatura e i punti incidentalmente difettosi dovranno essere ripresi accuratamente con malta cementizia a ritiro compensato immediatamente dopo il disarmo; ciò qualora tali difetti o irregolarità siano contenuti nei limiti che la Direzione Lavori, a suo insindacabile giudizio, riterrà tollerabili fermo restando in ogni caso che le suddette operazioni ricadranno esclusivamente e totalmente a carico dell'Appaltatore.

Quando le irregolarità siano mediamente superiori a 10 mm, la Direzione Lavori ne imporrà la regolarizzazione a totale cura e spese dell'Appaltatore mediante uno strato di materiali idonei che, secondo i casi e ad insindacabile giudizio della Direzione Lavori potrà essere costituito da:

- malte o betoncini reoplastici a base cementizia a ritiro compensato;
- conglomerato bituminoso del tipo usura fine, per spessori non inferiori a 15 mm.

Qualora si evidenziassero superfici irregolari, oltre ai ripristini di cui sopra, se l'incidenza dell'area irregolare risulterà superiore al 10% dell'area totale della parte d'opera di riferimento, su tali superfici (o volumi) verrà applicata la penale del 25% per tutti i prezzi ed i sovrapprezzi con i quali è stato compensato il lavoro non idoneo.

11 ACCIAIO PER C.A.

11.1 GENERALITA'

Il presente articolo di capitolato si applica all'armatura in acciaio per conglomerati cementizi armati, per la realizzazione di strutture gettate in opera o prefabbricate sia all'aperto che in sotterraneo di opere di ingegneria civile e di edifici, per sottofondazioni, fondazioni, elevazioni, solette, impalcati.

11.2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- NTC 2018 § 11.3.1 Generalità comuni a tutte le tipologie di acciaio

§ 11.3.2 Acciaio per calcestruzzo armato

- UNI EN 10080: Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità Prove

- UNI EN ISO 15630-1: Titolo : Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 1: Barre, rotoli e fili per calcestruzzo armato
- UNI EN ISO 15630-2: Acciaio per calcestruzzo armato e calcestruzzo armato precompresso - Metodi di prova - Parte 2: Reti e tralicci elettrosaldati
- UNI EN 10080: Acciaio d'armatura per calcestruzzo - Acciaio d'armatura saldabile – Generalità
- UNI 10622: Barre e vergella (rotoli) di acciaio d armatura per cemento armato, zincati a caldo
- UNI EN ISO 1461: Rivestimenti di zincatura per immersione a caldo su prodotti finiti ferrosi e articoli di acciaio - Specificazioni e metodi di prova

11.3 CRITERI DI ACCETTAZIONE PER LA PRODUZIONE, QUALIFICA E TRASFORMAZIONE DEGLI ACCIAI

Obblighi per gli stabilimenti di produzione

La norma UNI EN 10080 (Acciai per calcestruzzo – Acciaio per armatura saldabile) pubblicata nel 2005 e in tale data armonizzata alla Direttiva 89/106/CE, è stata cancellata con decisione della Commissione della Comunità Europea 2006/893/CE, dall'elenco delle norme armonizzate pubblicato nella Gazzetta ufficiale dell'Unione europea ed è pertanto rimasta una norma volontaria e quindi non applicabile ai fini della marcatura CE.

Di conseguenza, non essendo applicabile per gli acciai per c.a. e c.a.p. la marcatura CE ai sensi del Regolamento UE 305/2011, per la qualifica degli acciai, oggetto di questo articolo di capitolato, i produttori, ai sensi delle NTC2018, devono:

- organizzare la produzione con un sistema permanente di controllo interno della produzione in stabilimento che deve assicurare il mantenimento dello stesso livello di affidabilità nella conformità del prodotto finito, indipendentemente dal processo di produzione ed essere in possesso del Certificato UNI EN ISO 9001 del sistema di gestione qualità e certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con le norme UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1.
- essere in possesso dell'Attestato di qualificazione, rilasciato dal Servizio Tecnico Centrale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici in conformità al § 11.3.1.2 delle NTC2018. L'Attestato di qualificazione ha validità di cinque anni tuttavia, i produttori con cadenza annuale, devono procedere al mantenimento di detto Attestato nei modi indicati al § 11.3.1.3 e all'esecuzione di tutti i controlli e prove di laboratorio sugli acciai di cui al citato § 11.3.1.2, § 11.3.2.10.1, § 11.3.2.10.2, § 11.3.2.11.1, § 11.3.2.11.2 delle NTC2018;
- garantire l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti qualificati 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 (§ 11.3.1.4

NTC2018). Ogni prodotto deve essere marchiato con identificativi diversi sia da quelli di prodotti fabbricati nello stesso stabilimento ma aventi differenti caratteristiche, sia da quelli di prodotti con uguali caratteristiche ma fabbricati in altri stabilimenti, siano essi o meno dello stesso fabbricante. La marchiatura deve essere inalterabile nel tempo e senza possibilità di manomissione.

Obblighi per i centri di trasformazione

Nel caso in cui gli acciai vengano spediti dal produttore ad un centro esterno alla fabbrica e/o al cantiere, fisso o mobile per l'esecuzione di processi di piegatura, saldatura di elementi base in acciaio (barre, rotoli, reti, lamiere, ecc.) per il loro pre-assemblaggio (gabbie di armatura, ecc) e confezionamento in elementi strutturali direttamente impiegabili in cantiere, pronti per la messa in opera o per successive lavorazioni, tale luogo è definito Centro di trasformazione.

I centri di trasformazione devono:

- dotarsi di un sistema di controllo della lavorazione allo scopo di garantire che le lavorazioni effettuate assicurino il mantenimento della conformità delle caratteristiche meccaniche e geometriche dei prodotti alle presenti norme. Il sistema di gestione della qualità del prodotto, che sovrintende al processo di trasformazione, deve essere predisposto in coerenza con la norma UNI EN ISO 9001 certificato da parte di un organismo terzo indipendente, di adeguata competenza ed organizzazione, che opera in coerenza con la norma UNI CEI EN ISO/IEC 17021-1;
- dichiarare al Servizio Tecnico Centrale la loro attività nelle modalità definite nel § 11.3.1.7 delle NTC2018 ed ottenere dallo stesso Servizio Tecnico Centrale l'Attestato di denuncia dell'Attività di centro di trasformazione. I centri di trasformazione sono tenuti a comunicare ogni variazione rispetto a quanto dichiarato in sede di presentazione della denuncia di attività;
- mantenere l'identificazione e la rintracciabilità dei prodotti dalla quale risulti, in modo inequivocabile, il riferimento all'Azienda produttrice, allo Stabilimento, al tipo di acciaio ed alla sua eventuale saldabilità. Qualora, l'unità marchiata (pezzo singolo o confezione) venga scorporata, per cui una parte, o il tutto, perda l'originale marchiatura del prodotto è responsabilità del centro di trasformazione documentare la provenienza mediante i documenti di accompagnamento del materiale e gli estremi del deposito del marchio presso il Servizio Tecnico Centrale;
- far eseguire da laboratori di cui all'art. 59 del D.P.R. 380/2001 le prove indicate negli specifici paragrafi relativi a ciascun prodotto in acciaio (§11.3.2.10.3, § 11.3.3.5.3 delle NTC2018) e devono comunicare al Servizio Tecnico Centrale le eventuali variazioni apportate al processo di produzione depositato;

10.4 CRITERI DI ACCETTAZIONE DEGLI ACCIAI PER C.A.

Requisiti generali e caratteristiche dimensionali

È ammessa esclusivamente la produzione di acciaio per c.a. laminato a caldo denominato B450C di cui ai requisiti di cui al § 11.3.2.1 delle NTC2018 e trafilato a freddo, denominato B450A di cui ai requisiti di cui al § 11.3.2.2 saldabili e ad aderenza migliorata.

Il requisito di saldabilità è soddisfatto se vengono rispettati i limiti della Tab. 11.3.II di cui al § 11.3.2.6 delle NTC 2018 che si riporta di seguito:

Tab. 11.3.II – Massimo contenuto di elementi chimici in %

		Analisi di prodotto	Analisi di colata
Carbonio	C	0,24	0,22
Fosforo	P	0,055	0,050
Zolfo	S	0,055	0,050
Rame	Cu	0,85	0,80
Azoto	N	0,014	0,012
Carbonio equivalente	C _{eq}	0,52	0,50

È possibile eccedere il valore massimo di C dello 0,03% in massa, a patto che il valore del C_{eq} sia ridotto dello 0,02% in massa. Contenuti di azoto più elevati sono consentiti in presenza di una sufficiente quantità di elementi che fissano l'azoto stesso.

L'acciaio per calcestruzzo armato è esclusivamente prodotto sotto forma di barre o rotoli, reti o tralicci e deve essere ad aderenza migliorata, avente cioè una superficie dotata di nervature o dentellature trasversali, uniformemente distribuite sull'intera lunghezza, atte a garantire adeguata aderenza tra armature e conglomerato cementizi.

Tutti i prodotti sono caratterizzati dal diametro della barra tonda liscia equipesante, calcolato nell'ipotesi che la densità dell'acciaio sia pari a 7,85 kg/dm³.

Gli acciai B450C possono essere impiegati in barre di diametro compreso tra 6 e 40 mm, mentre il diametro delle barre degli acciai B450A deve essere compreso tra 5 e 10 mm. L'uso di acciai forniti in rotolo è ammesso, esclusivamente per impieghi strutturali, per diametri non superiori a 16 mm per gli acciai B450C e diametri non superiori a 10 mm per gli acciai B450A.

Gli acciai devono avere un contenuto minimo di materia recuperata, riciclata o di sottoprodotti come di seguito specificato, intendendo le percentuali indicate come somma delle tre frazioni:

ACCIAIO	% MINIMA DI MATERIA RECUPERATA, RICICLATA O DI SOTTOPRODOTTI
Da forno elettrico non legato	75%
Da forno elettrico legato	60%
Da ciclo integrale	12%

Requisiti degli acciai per calcestruzzo armato B450C e B450A

L'acciaio per c.a. laminato a caldo, denominato B450C, dovrà rispettare i requisiti minimi sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella 11.3.lb seguente tratta dalle NTC2018:

Caratteristiche	Requisito	Frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} (MPa)	$\geq 450 (f_{y nom})$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk} (MPa)	$\geq 540 (f_{t nom})$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.15 < 1.35	10.0
$(f_y/f_{y nom})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ (%)	≥ 7.5	10.0
Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:		
$\emptyset < 12$ mm	4 $\emptyset$	
$12 \leq \emptyset \leq 16$ mm	5 $\emptyset$	
$16 < \emptyset \leq 25$ mm	8 $\emptyset$	
$25 < \emptyset \leq 40$ mm	10 $\emptyset$	

L'acciaio per c.a. trafilato a freddo, denominato B450A, dovrà rispettare i requisiti sulle caratteristiche meccaniche previste nella tabella seguente:

Caratteristiche	Classe A	Requisito o frattile (%)
Tensione caratteristica di snervamento f_{yk} (MPa)	$\geq 450 (f_{y nom})$	5.0
Tensione caratteristica di rottura f_{tk} (MPa)	$\geq 540 (f_{t nom})$	5.0
$(f_t/f_y)_k$	≥ 1.05	10.0
$(f_y/f_{y nom})_k$	≤ 1.25	10.0
Allungamento $(A_{gt})_k$ (%)	≥ 2.5	10.0

Diametro del mandrino per prove di piegamento a 90° e successivo raddrizzamento senza cricche:	
$\varnothing \leq 10 \text{ mm}$	4 $\varnothing$

Tolleranze dimensionali

La deviazione ammissibile per la massa nominale per metro deve essere come riportato nella Tab. 11.3.III seguente tratta dalle NTC2018.

Tab. 11.3.III

Diametro nominale, (mm)	$5 \leq \phi \leq 8$	$8 < \phi \leq 40$
Tolleranza in % sulla massa nominale per metro	± 6	$\pm 4,5$

10.5 CONTROLLI DEI DOCUMENTI DI ACCOMPAGNO DELLE FORNITURE ALL'ARRIVO IN CANTIERE

In accordo al § 11.3.1.5 delle NTC2018, tutte le forniture di acciaio per c.a. e c.a.p., per le quali non sussiste l'obbligo della Marcatura CE, devono essere accompagnate:

- dalla copia dell'attestato di qualificazione del Servizio Tecnico Centrale;
- dal certificato di controllo interno tipo 3.1, di cui alla norma UNI EN 10204, dello specifico lotto di materiale fornito. Il certificato tipo 3.1. è un documento emesso dal fabbricante in cui questi dichiara che i prodotti forniti sono conformi ai requisiti dell'ordine e nel quale fornisce i risultati di prova. L'unità di prova e le prove da eseguire sono definite dalla specifica di prodotto, dal regolamento ufficiale e dalle regole corrispondenti e/o dall'ordine. Il documento è validato dal rappresentante del fabbricante autorizzato per il controllo indipendente dal reparto di fabbricazione. Deve essere possibile per il fabbricante trasferire sul certificato di controllo 3.1 risultati di prova pertinenti ottenuti dal controllo specifico sui prodotti primari o in entrata che utilizza, a condizione che il fabbricante applichi procedure di rintracciabilità e possa fornire documenti di controllo corrispondenti richiesti;
- dal documento di trasporto DDT con riferimento agli attestati comprovanti la qualificazione del prodotto.

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

Ogni fornitura in cantiere di acciaio per c.a. o c.a.p., proveniente da un Centro di trasformazione, deve essere accompagnata:

- 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;
- b) dall'attestazione inerente l'esecuzione delle prove di controllo interno di cui ai paragrafi specifici relativi a ciascun prodotto (§ 11.3.2.10.3, § 11.3.3.5.3, § 11.3.4.11.2 delle NTC2018), fatte eseguire dal Direttore Tecnico del centro di trasformazione, con l'indicazione dei giorni nei quali la fornitura è stata lavorata. Qualora il Direttore dei Lavori lo richieda, può prendere visione del Registro;
- c) da dichiarazione contenente i riferimenti alla documentazione fornita dal fabbricante 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.

Il Direttore dei Lavori, prima della messa in opera, è tenuto a verificare quanto sopra indicato e a rifiutare o ad allontanare dal cantiere le eventuali forniture non conformi a cura e spese dell'Appaltatore, ferme restando le responsabilità del fabbricante e del Centro di trasformazione.

Si prescrive anche l'obbligo di mantenere compilato ed aggiornato un registro di tutte le armature che man mano giungono in cantiere in modo da garantire sempre la rintracciabilità tra i DdT, le certificazioni, la parte d'opera in cui vengono posati e le relative quantità.

I documenti citati devono essere consegnati settimanalmente alla Direzione Lavori.

10.6 PROVE E PRELIEVI IN CANTIERE PER L'ACCETTAZIONE DEGLI ACCIAI - CONDIZIONI GENERALI

I controlli di accettazione in cantiere sono obbligatori e 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.

Il prelievo dei campioni va eseguito a cura dell'Appaltatore 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. Il prelievo potrà anche essere eseguito dallo stesso laboratorio incaricato della esecuzione delle prove.

Qualora la fornitura di elementi sagomati o assemblati, provenga da un Centro di trasformazione, il Direttore dei Lavori può recarsi presso il medesimo Centro di trasformazione ed effettuare in stabilimento tutti i controlli di accettazione prescritti al presente paragrafo. 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 da effettuarsi presso il laboratorio di cui all'art. 59 del DPR n. 380/2001 incaricato delle prove di accettazione in cantiere, siano effettivamente quelli prelevati, nonché sottoscrivere la relativa richiesta di prove contenente l'indicazione delle strutture cui si riferisce ciascun prelievo.

La richiesta di prove al laboratorio incaricato deve essere sempre firmata dal Direttore dei Lavori, che rimane anche responsabile della trasmissione dei campioni che nel caso di prelievi eseguiti presso Centro di trasformazione è delegata al Direttore Tecnico dello stabilimento.

Resta nella discrezionalità del Direttore dei Lavori effettuare tutti gli eventuali ulteriori controlli ritenuti opportuni.

Acciaio da calcestruzzo armato normale

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. Tali campioni possono essere, su richiesta del Direttore dei Lavori al Direttore Tecnico del Centro di trasformazione, preparati direttamente nello stabilimento senza che in cantiere si debba eseguire tagli ed avere inutili sfridi. Al ricevimento in cantiere il Direttore dei Lavori provvederà al prelievo dei campioni e alla spedizione al laboratorio ufficiale incaricato.

I valori di resistenza ed allungamento di ciascun campione, accertati in applicazione della norma UNI EN ISO 15630-1, da eseguirsi comunque prima della messa in opera del prodotto riferiti ad uno stesso diametro, devono essere compresi fra i valori massimi e minimi riportati nelle tabelle seguenti tratte dalle NTC2018.

Tab. 11.3.VII a) – Valori di accettazione in cantiere – barre

Caratteristica	Valore limite	Note
f_y minimo	425 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
f_y massimo	572 N/mm ²	per acciai B450A e B450C
A_{gt} minimo	$\geq 6,0\%$	per acciai B450C
A_{gt} minimo	$\geq 2,0\%$	per acciai B450A
f_t / f_y	$1,13 \leq f_t / f_y \leq 1,37$	per acciai B450C
f_t / f_y	$f_t / f_y \geq 1,03$	per acciai B450A
Piegamento/raddrizzamento	assenza di cricche	per acciai B450A e B450C

Occorre infine eseguire le prove per la verifica dell'analisi chimico fisica dell'acciaio secondo UNI EN 10315, UNI EN ISO 15350 o al CR 10320.

Qualora il risultato non sia conforme a quello dichiarato dal fabbricante, il Direttore dei Lavori dispone la ripetizione della prova su 6 ulteriori campioni dello stesso diametro.

Ove anche da tale accertamento i limiti dichiarati non risultino rispettati, il controllo deve estendersi, previo avviso al fabbricante nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, a 25 campioni, applicando ai dati ottenuti la formula generale valida per controlli sistematici in stabilimento (§ 11.3.2.10.1.3 NTC2018).

L'ulteriore risultato negativo comporta l'inidoneità della partita e la trasmissione dei risultati da parte del Direttore dei Lavori al fabbricante, nel caso di fornitura di acciaio non lavorato presso un centro di trasformazione, o al centro di trasformazione, che sarà tenuto a farli inserire tra i risultati dei controlli statistici della sua produzione. Analoghe norme si applicano ai controlli di duttilità, aderenza e distacco al nodo saldato: un singolo risultato negativo sul primo prelievo comporta l'esame di sei nuovi campioni dello stesso diametro, un ulteriore singolo risultato negativo comporta l'inidoneità della partita.

Inoltre il Direttore dei Lavori deve comunicare il risultato anomalo al Servizio tecnico centrale. I certificati di prova emessi dai laboratori devono contenere tutte le indicazioni elencate nel par. 11.3.2.12 del D.M. 17.01.2018 e la verifica delle tolleranze dimensionali riportate al par. 11.3.2.7 del medesimo D.M.

11 VERIFICHE DELLE CLAUSOLE CONTRATTUALI PER LE GARE DI LAVORI DI INFRASTRUTTURE STRADALI (CAP 3.1 DEL CAM)

11.1 Modalità di gestione dell'impianto produttivo di conglomerato bituminoso (3.1.2)

La Direzione Lavori verificherà la rispondenza al criterio attraverso:

- acquisizione della documentazione tecnica e FPC di impianto e certificazioni
- visite ispettive

La documentazione i certificati e i verbali di sopralluogo dovranno essere parte dei documenti consegnati dalla Direzione Lavori alla Stazione Appaltante in allegato alla dichiarazione di fine lavori.

Temperatura di miscelazione del conglomerato bituminoso (par 3.1.3 del CAM)

La Direzione lavori verificherà la rispondenza al criterio, attraverso:

- marchi CE e relative dichiarazioni di prestazione (DoP)
- mix design con certificazione delle T°C di produzione
- misurazioni dirette presso il sito di produzione, con strumentazione propria o per mezzo di un laboratorio incaricato dalla Stazione Appaltante.

11.2 Personale di cantiere (3.1.4)

La Direzione Lavori verificherà la rispondenza al criterio attraverso opportuna documentazione dell'Appaltatore attestante la formazione del personale con compiti di coordinamento sui temi indicati dal criterio quali: curricula, diplomi, attestati di partecipazione ad attività formative inerenti i temi elencati nel criterio oppure attestante la formazione specifica del personale a cura di un docente esperto in gestione ambientale del cantiere, svolta in occasione dei lavori.

La documentazione i certificati e i verbali di sopralluogo dovranno essere parte dei documenti consegnati dalla Direzione Lavori alla Stazione Appaltante in allegato alla dichiarazione di fine lavori.

11.3 Macchine operatrici (3.1.5)

La Direzione Lavori verificherà i manuali d'uso e manutenzione o i libretti di immatricolazione quando disponibili, delle macchine utilizzate in cantiere per la verifica della Fase di appartenenza.

La documentazione i certificati e i verbali di sopralluogo dovranno essere parte dei documenti consegnati dalla Direzione Lavori alla Stazione Appaltante in allegato alla dichiarazione di fine lavori.

11.4 Grassi ed oli lubrificanti per i veicoli utilizzati durante i lavori (3.1.6)

La Direzione Lavori verificherà, prima dell'ingresso delle macchine in cantiere:

- l'elenco dei veicoli e macchinari e i rispettivi manuali d'uso e manutenzione
- l'elenco di prodotti con la certificazione attestante il contenuto di riciclato olio rigenerato quale, ad esempio, REMADE® o "ReMade in Italy®".
- marchio Ecolabel (UE)

- In assenza di certificazione ambientale, rapporti di prova redatti da laboratori accreditati in base alla norma tecnica UNI CEI EN ISO/IEC 17025.
- l'elenco di prodotti con indicazione del contenuto di riciclato nell'imballaggio
- Schede di Dati di Sicurezza, degli ingredienti usati nella formulazione del prodotto e sulle Schede di Dati di Sicurezza del prodotto

In caso di assenza di dati sopra citati, la DL dovrà richiedere ai laboratori incaricati di eseguire uno o più dei test indicati nelle tabelle seguenti al fine di garantire la conformità al criterio di biodegradabilità e potenziale di bioaccumulo

Test di biodegradabilità

	SOGLIE	TEST
Rapidamente biodegradabile (aerobiche)	≥ 70% (prove basate sul carbonio organico disciolto)	• OECD 301 A / capitolo C.4-A dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 E / capitolo C.4-B dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 306 (Shake Flask method)
	≥ 60% (prove basate su impoverimento di O ₂ / formazione di CO ₂)	• OECD 301 B / capitolo C.4 -C dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 C / capitolo C.4 -F dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 D / capitolo C.4 -E dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 F / capitolo C.4 -D dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 306 (Closed Bottle method)/capitolo C.42 del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 310/capitolo C.29 del Reg. (EC) N.440/2008
Intrinsecamente biodegradabile (aerobiche)	> 70%	• OECD 302 B / capitolo C.9 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 302 C
	20% < X < 60% (prove basate su impoverimento di O ₂ / formazione CO ₂)	• OECD 301 B / capitolo C.4-C dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 C / capitolo C.4-F dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 D / capitolo C.4-E dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 F / capitolo C.4-D dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008

		N.440/2008 • OECD 306 (Closed Bottle method)/capitolo C.42 del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 310/capitolo C.29 del Reg. (EC) N.440/2008
BOD5/COD	≥0,5	• capitolo C.5 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • capitolo C.6 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008

Le sostanze, con concentrazioni ≥0,10% p/p nel prodotto finale, che non soddisfano i criteri previsti in tabella 2 sono considerate sostanze non biodegradabili, per le quali è necessario verificare il potenziale di bioaccumulo, dimostrando di conseguenza che la sostanza non bioaccumuli.

Test e prove di bioaccumulo

	Soglie	Test
log KOW (misurato)	Logkow<3 Logkow>7	• OECD 107 / Part A.8 Reg. (EC) No 440/2008 • OECD 123 / Part A.23 Reg. (EC) No 440/2008
log KOW (calcolato). Nel caso di una sostanza organica che non sia un tensioattivo e per la quale non sono disponibili valori sperimentali, è possibile utilizzare un metodo di calcolo. Sono consentiti i metodi di calcolo qui riportati.	Logkow<3 Logkow>7	• CLOGP • LOGKOW • KOWWIN • SPARC
BCF (Fattore di bioconcentrazione)	≤100 l/kg	• OECD 305 / Part C.13 Reg. (EC) No 440/2008

11.5 Grassi ed oli biodegradabili

Di seguito le tre categorie di grassi ed oli lubrificanti, il cui rilascio nell'ambiente è vietato e pertanto può essere solo accidentale e che dopo l'utilizzo dovranno essere recuperati per il ritrattamento, il riciclaggio o lo smaltimento, per essere utilizzati, devono essere compatibili con i veicoli cui sono destinati:

- Grassi ed oli lubrificanti per autotrazione leggera e pesante (compresi gli oli motore)
- Grassi ed oli lubrificanti per motoveicoli (compresi gli oli motore);

- Grassi ed oli lubrificanti destinati all'uso in ingranaggi e cinematismi chiusi dei veicoli.

Tenendo conto delle specifiche tecniche emanate in conformità alla Motor Vehicle Block Exemption Regulation (MVBER) e laddove l'uso dei lubrificanti biodegradabili o minerali a base rigenerata non sia dichiarato dal fabbricante del veicolo incompatibile con il veicolo stesso e non ne faccia decadere la garanzia, la fornitura di grassi e oli lubrificanti è costituita da prodotti biodegradabili o minerali a base rigenerata conformi alle specifiche tecniche di cui ai successivi criteri o di lubrificanti biodegradabili in possesso dell'Ecolabel (UE).

I grassi ed oli biodegradabili devono essere in possesso del marchio di qualità ecologica europeo Ecolabel (UE) oppure devono essere conformi ai seguenti requisiti ambientali.

a) Biodegradabilità

I requisiti di biodegradabilità dei composti organici e di potenziale di bioaccumulo devono essere soddisfatti per ogni sostanza, intenzionalmente aggiunta o formata, presente in una concentrazione 0,10% p/p nel prodotto finale. Il prodotto finale non deve contenere sostanze in concentrazione 0,10% p/p, che siano al contempo non biodegradabili e (potenzialmente) bioaccumulabili. Il lubrificante può contenere una o più sostanze che presentino un certo grado di biodegradabilità e di bioaccumulo secondo una determinata correlazione tra concentrazione cumulativa di massa (% p/p) delle sostanze e biodegradabilità e bioaccumulo così come riportato nella tabella seguente.

	OLI	GRASSI
Rapidamente biodegradabile in condizioni aerobiche	>90%	>80%
Intrinsecamente biodegradabile in condizioni aerobiche	≤10%	≤20%
Non biodegradabile e non bioaccumulabile	≤5%	≤15%
Non biodegradabile e bioaccumulabile	≤0,1%	≤0,1%

Limiti di percentuale cumulativa di massa (% p/p) delle sostanze presenti nel prodotto finale in relazione alla biodegradabilità ed al potenziale di bioaccumulo

b) Bioaccumulo

Non occorre determinare il potenziale di bioaccumulo nei casi in cui la sostanza:

- 0,1% ha massa molecolare (MM) > 800 g/mol e diametro molecolare > 1,5 nm (> 15 Å), oppure
- ha un coefficiente di ripartizione ottanolo/acqua (log Kow) < 3 o > 7, oppure
- ha un fattore di bioconcentrazione misurato (BCF) 100 l/kg, oppure
- è un polimero la cui frazione con massa molecolare < 1 000 g/mol è inferiore all'1 %.

Prima dell'inizio dei lavori, l'appaltatore presenta, al Direttore Lavori, l'elenco dei prodotti con indicazione della denominazione sociale del produttore, la denominazione commerciale del prodotto e l'etichetta ambientale posseduta. Nel caso in cui il prodotto non sia in possesso del marchio Ecolabel (UE) sopra citato, ma di altre etichette ambientali ritenute equivalenti, devono essere riportate le caratteristiche, anche tecniche, dell'etichetta posseduta. In assenza di

certificazione ambientale, la conformità al criterio sulla biodegradabilità e sul potenziale di bioaccumulo è dimostrata mediante rapporti di prova redatti da laboratori accreditati in base alla norma tecnica UNI CEI EN ISO/IEC 17025. Detti laboratori devono pertanto effettuare un controllo documentale, effettuato sulle Schede di Dati di Sicurezza (SDS), degli ingredienti usati nella formulazione del prodotto e sulle SDS del prodotto stesso ovvero di altre informazioni specifiche (quali ad esempio: individuazione delle sostanze costituenti il formulato e presenti nell'ultima versione dell'elenco LUSC-LUbricant Substance Classification List della Decisione (UE) 2018/1702 della Commissione del 8 novembre 2018 o dati tratti da letteratura scientifica) che ne dimostrino la biodegradabilità e, ove necessario, il bioaccumulo (potenziale). In caso di assenza di dati sopra citati, detti laboratori devono eseguire uno o più dei test indicati nelle tabelle di cui al presente paragrafo al fine di garantire la conformità al criterio di biodegradabilità e potenziale di bioaccumulo.

	SOGLIE	TEST
Rapidamente biodegradabile (aerobiche)	$\geq 70\%$ (prove basate sul carbonio organico disciolto)	• OECD 301 A / capitolo C.4-A dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 E / capitolo C.4-B dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 306 (Shake Flask method)
	$\geq 60\%$ (prove basate su impoverimento di O_2 / formazione di CO_2)	• OECD 301 B / capitolo C.4 -C dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 C / capitolo C.4 -F dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 D / capitolo C.4 -E dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 F / capitolo C.4 -D dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 306 (Closed Bottle method)/capitolo C.42 del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 310/capitolo C.29 del Reg. (EC) N.440/2008
Intrinsecamente biodegradabile (aerobiche)	$> 70\%$	• OECD 302 B / capitolo C.9 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 302 C
	$20\% < X < 60\%$ (prove basate su impoverimento di O_2 /formazione CO_2)	• OECD 301 B / capitolo C.4-C dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 C / capitolo C.4-F dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 301 D / capitolo C.4-E dell'allegato del Reg. (EC)

		N.440/2008 • OECD 301 F / capitolo C.4-D dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 306 (Closed Bottle method)/capitolo C.42 del Reg. (EC) N.440/2008 • OECD 310/capitolo C.29 del Reg. (EC) N.440/2008
BOD5/COD	≥0,5	• capitolo C.5 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008 • capitolo C.6 dell'allegato del Reg. (EC) N.440/2008

Test di Biodegradabilità

Le sostanze, con concentrazioni 0,10% p/p nel prodotto finale, che non soddisfano i criteri previsti in tabella seguente sono considerate sostanze non biodegradabili, per le quali è necessario verificare il potenziale di bioaccumulo, dimostrando di conseguenza che la sostanza non bioaccumuli.

	Soglie	Test
log KOW (misurato)	Logkow<3 Logkow>7	• OECD 107 / Part A.8 Reg. (EC) No 440/2008 • OECD 123 / Part A.23 Reg. (EC) No 440/2008
log KOW (calcolato). Nel caso di una sostanza organica che non sia un tensioattivo e per la quale non sono disponibili valori sperimentali, è possibile utilizzare un metodo di calcolo. Sono consentiti i metodi di calcolo qui riportati.	Logkow<3 Logkow>7	• CLOGP • LOGKOW • KOWWIN • SPARC
BCF (Fattore di bioconcentrazione)	≤100 l/kg	• OECD 305 / Part C.13 Reg. (EC) No 440/2008

Test e prove di Bioaccumulo

I valori log Kow si applicano soltanto alle sostanze chimiche organiche. Per valutare il potenziale di bioaccumulo di composti inorganici, di tensioattivi e di alcuni composti organometallici devono essere effettuate misurazioni del Fattore di bioconcentrazione-BCF. Le sostanze che non incontrano i criteri in tabella 3 sono considerate potenzialmente

bioaccumulabili. I rapporti di prova forniti rendono evidenti le prove che sono state effettuate ed attestano la conformità ai CAM relativamente alla biodegradabilità e, ove necessario, al potenziale bioaccumulo. La documentazione è parte dei documenti di fine lavori consegnati dalla Direzione Lavori alla Stazione Appaltante.

11.6 Grassi ed oli lubrificanti minerali a base rigenerata

I grassi e gli oli lubrificanti a base rigenerata, che sono costituiti, in quota parte, da oli derivanti da un processo di rigenerazione di oli minerali esausti, devono contenere almeno le seguenti quote minime di base lubrificante rigenerata sul peso totale del prodotto, tenendo conto delle funzioni d'uso del prodotto stesso di cui alla successiva tabella

Nomenclatura combinata-NC	Soglia minima base rigenerata %
NC 27101981 (oli per motore)	40%
NC 27101983 (oli idraulici)	80%
NC 27101987 (oli cambio)	30%
NC 27101999 (altri)	30%

Prima dell'inizio dei lavori, l'appaltatore presenta, al Direttore Lavori, l'elenco di prodotti con la certificazione attestante il contenuto di riciclato olio rigenerato

11.7 Requisiti degli imballaggi in plastica degli oli lubrificanti

L'imballaggio primario in plastica degli oli lubrificanti dovrà essere costituito da una percentuale minima di plastica riciclata pari al 50% in peso. Prima dell'inizio dei lavori l'aggiudicatario presenta, al Direttore Lavori, l'elenco di prodotti con indicazione del contenuto di riciclato nell'imballaggio. I prodotti con l'etichetta ecologica Ecolabel (UE) sono ritenuti conformi. La documentazione è parte dei documenti di fine lavori consegnati dalla Direzione Lavori alla Stazione Appaltante.