



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO

NORME TECNICHE E AMBIENTALI

**per la produzione dei materiali riciclati e posa
nella costruzione e manutenzione di opere edili,
stradali e recuperi ambientali.**



GENERALITA'	7
1 CRITERI DI UTILIZZO DEI MATERIALI RICICLATI	9
1.1 PRINCIPI GENERALI.....	9
1.2 PRODOTTI RICICLATI E LAVORAZIONI	10
1.3 SCHEMI DI UTILIZZO NELLE COSTRUZIONI	11
1.3.1 CORPO STRADALE	11
1.3.1.1 SOVRASTRUTTURA STRADALE	12
1.3.2 RIEMPIMENTI E DRENAGGI.....	13
1.3.3 SOTTOSERVIZI.....	13
1.3.4 TERRE RINFORZATE	13
1.3.5 RIEMPIMENTI E COLMATE	14
1.3.6 RIPORTI.....	14
1.3.7 SISTEMI DI PROTEZIONE.....	15
1.4 ATTIVITA' DI DEMOLIZIONE.....	16
2 PRODOTTI RICICLATI NON LEGATI	17
2.1 ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI RICICLATI NON LEGATI	17
2.2 CORPO DEL RILEVATO.....	19
2.2.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO	19
2.2.1.1 REQUISITI GEOMETRICI	19
2.2.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'	20
2.2.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'.....	20
2.2.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO	21
2.2.2 CARATTERISTICHE DEL RILEVATO.....	22
2.2.2.1 ESECUZIONE DEL PIANO DI APPOGGIO DEL RILEVATO	22
2.2.2.2 FORMAZIONE DEL RILEVATO.....	22
2.3 SOTTOFONDO STRADALE	23
2.3.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO	23
2.3.1.1 REQUISITI GEOMETRICI	23
2.3.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'	24
2.3.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'.....	24
2.3.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO	25
2.3.2 CARATTERISTICHE DEL SOTTOFONDO STRADALE	26
2.3.2.1 FORMAZIONE DEL SOTTOFONDO STRADALE.....	26
2.4 FONDAZIONE STRADALE	27
2.4.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO	27
2.4.1.1 REQUISITI GEOMETRICI	27
2.4.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'	28
2.4.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'.....	28
2.4.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO	30
2.4.2 CARATTERISTICHE DELLO STRATO DI FONDAZIONE.....	30
2.4.2.1 FORMAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE	30
2.5 RIEMPIMENTI E COLMATE	32
2.5.1 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI.....	32
2.5.1.1 REQUISITI GEOMETRICI	32
2.5.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'	33
2.5.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'.....	33
2.5.2 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI DESTINATI AI RECUPERI AMBIENTALI	34
2.5.3 CARATTERISTICHE DEL RIEMPIMENTO	35
2.5.3.1 FORMAZIONE DEL RIEMPIMENTO	35
2.6 STRATI ACCESSORI	36
2.6.1 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI.....	37
2.6.1.1 REQUISITI GEOMETRICI	37
2.6.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'	37
2.6.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'.....	38
2.6.2 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI DESTINATI AI RECUPERI AMBIENTALI	39
2.6.3 FORMAZIONE DEGLI STRATI ACCESSORI	39
3 PRODOTTI RICICLATI LEGATI	41
3.1 ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI RICICLATI LEGATI	41
3.2 MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO (MISTO CEMENTATO).....	43
3.2.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	43

3.2.1.1	AGGREGATI.....	43
3.2.1.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO.....	44
3.2.1.3	LEGANTE.....	45
3.2.1.4	ACQUA.....	45
3.2.1.5	ADDITIVI.....	45
3.2.2	CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO.....	45
3.2.2.1	PRODUZIONE DELLA MISCELA.....	46
3.2.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	46
3.2.3.1	POSA IN OPERA DELLA MISCELA.....	47
3.3	MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO E BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE).....	48
3.3.1	REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	48
3.3.1.1	AGGREGATI.....	48
3.3.1.2	CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO.....	50
3.3.1.3	LEGANTE (bitume schiumato).....	50
3.3.1.4	LEGANTE (emulsione bituminosa).....	51
3.3.1.5	LEGANTE (cemento).....	51
3.3.1.6	ACQUA.....	51
3.3.2	CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO.....	51
3.3.2.1	PRODUZIONE DELLA MISCELA.....	53
3.3.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	53
3.3.3.1	POSA IN OPERA DELLA MISCELA.....	54
3.4	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO.....	55
3.4.1	REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	55
3.4.1.1	CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO.....	55
3.4.1.2	AGGREGATI DI INTEGRAZIONE.....	56
3.4.1.3	LEGANTE (emulsione bituminosa modificata).....	57
3.4.1.4	CEMENTO.....	57
3.4.1.5	ACQUA.....	57
3.4.2	CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO.....	57
3.4.2.1	PRODUZIONE DELLA MISCELA.....	59
3.4.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	59
3.4.3.1	POSA IN OPERA DELLA MISCELA.....	60
4	OPERE DI STABILIZZAZIONE.....	61
4.1	ACCETTAZIONE E VALIDAZIONE DELLE LAVORAZIONI.....	62
4.2	STABILIZZAZIONE A CEMENTO.....	63
4.2.1	REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	63
4.2.1.1	MATERIALE ESISTENTE.....	63
4.2.1.2	LEGANTE.....	64
4.2.1.3	ACQUA.....	64
4.2.1.4	AGGREGATI DI INTEGRAZIONE.....	64
4.2.2	CARATTERISTICHE DEL MATERIALE "STABILIZZATO".....	65
4.2.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	66
4.2.3.1	ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE.....	67
4.3	STABILIZZAZIONE A CALCE.....	69
4.3.1	REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	69
4.3.1.1	MATERIALE ESISTENTE.....	69
4.3.1.2	LEGANTE.....	70
4.3.1.3	ACQUA.....	70
4.3.1.4	AGGREGATI DI INTEGRAZIONE.....	70
4.3.2	CARATTERISTICHE DEL MATERIALE "STABILIZZATO".....	71
4.3.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	73
4.3.3.1	ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE.....	73
4.4	STABILIZZAZIONE A BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE).....	75
4.4.1	REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI.....	75
4.4.1.1	MATERIALE ESISTENTE.....	75
4.4.1.2	LEGANTE (bitume schiumato).....	76
4.4.1.3	LEGANTE (emulsione bituminosa).....	76
4.4.1.4	AGGREGATI DI INTEGRAZIONE.....	77
4.4.1.5	CEMENTO.....	78
4.4.1.6	ACQUA.....	78
4.4.2	CARATTERISTICHE DEL MATERIALE "STABILIZZATO".....	78
4.4.3	CARATTERISTICHE DELLO STRATO.....	79
4.4.3.1	ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE.....	80
5	CONTROLLI.....	81
5.1.1	CONTROLLI PRELIMINARI.....	81
5.1.2	CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA.....	81

ALLEGATO A: SCHEDE TECNICHE MATERIALI RICICLATI NON LEGATI..... 85
ALLEGATO B: SCHEDE TECNICHE MATERIALI RICICLATI LEGATI..... 95
ALLEGATO C: SCHEDE TECNICHE OPERE DI STABILIZZAZIONE 103

GENERALITA'

Si considerano prodotti riciclati i materiali provenienti da attività di recupero e lavorazione di **rifiuti speciali non pericolosi inerti** derivanti dalle operazioni di costruzione e demolizione (C&D) o costituiti da materiali di scarto derivanti da processi artigianali/industriali e **trasformati in materia prima secondaria** mediante idonea operazione di recupero eseguita presso impianti allo scopo autorizzati ai sensi del Capo IV del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152 (Norme in materia ambientale).

I materiali *provenienti da attività di costruzione o demolizione* sono prevalentemente costituiti da laterizi, murature, frammenti di conglomerati cementizi anche armati, rivestimenti e prodotti ceramici, scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in calcestruzzo anche armato, frammenti di sovrastrutture stradali o ferroviarie, conglomerati bituminosi fresati a freddo, intonaci, allettamenti.

I materiali di scarto *provenienti da processi artigianali/industriali* sono prevalentemente costituiti da scorie di acciaieria, loppe d'altoforno, scarti del vetro e del cristallo, sabbie di fonderia, fanghi e polveri.

Nella produzione dei materiali riciclati possono essere utilizzati anche materiali naturali provenienti dalle attività di scavo in terra ed in roccia.

Gli aggregati riciclati prodotti potranno divenire, a loro volta, materiali costituenti per la realizzazione di altri prodotti commerciali aventi caratteristiche idonee alle richieste dalla committenza.

Le presenti prescrizioni tecniche definiscono le caratteristiche dei prodotti riciclati, classificati in funzione della loro coesione e delle modalità di produzione (in impianto di trattamento ed in situ), in:

- prodotti riciclati non legati (capitolo 2);
- prodotti riciclati legati con legante idraulico (cemento, calce) o bituminoso (bitume, emulsione bituminosa) (capitolo 3);
- opere di stabilizzazione in situ (capitolo 4).

I prodotti riciclati conformi alle presenti Norme tecniche possono essere utilizzati nelle seguenti opere:

- lavori di nuova costruzione e di manutenzione del corpo stradale (rilevato e sovrastruttura);
- interventi di realizzazione e manutenzione di opere strutturali edili in generale (riempimenti per la realizzazione di opere geotecniche di stabilizzazione e consolidamenti di versanti, consolidamenti di terreni, strati di fondazione, realizzazione di piazzali civili ed industriali, ecc.);
- recuperi ambientali (riempimenti, rimodellamenti, contenimenti e difesa del territorio).

In generale, i materiali utilizzati devono essere qualificati in base ai seguenti vincoli normativi:

- prescrizioni tecniche cogenti per la qualificazione, classificazione e determinazione delle proprietà dei materiali;
- idoneità all'utilizzo e commercializzazione dei materiali secondo la direttiva del Consiglio del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione (89/106/CEE), il Regolamento di attuazione della direttiva 89/106/CEE, relativa ai prodotti da costruzione approvato con decreto del Presidente della Repubblica del 21 aprile 1993, n. 246 ed i decreti ministeriali 11 aprile 2007 e 16 novembre 2009 (marcatura CE);
- prescrizioni applicabili di natura ambientale mutuata dalle norme tecniche riportate all'interno del decreto ministeriale 5 febbraio 1998 (Individuazione dei rifiuti non pericolosi sottoposti alle procedure semplificate di recupero ai sensi degli articoli 31 e 33 del decreto legislativo 5 febbraio 1997, n. 22), della circolare del Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio 15 luglio 2005, n.5205 (Indicazioni per l'operatività nel settore edile, stradale e ambientale, ai sensi del decreto ministeriale 8 maggio 2003, n. 203) e del decreto legislativo 3 aprile 2006, n.152 (Norme in materia ambientale).

In particolare, i requisiti da applicare sono riportati nelle parti seguenti, in relazione al tipo di prodotto ed all'utilizzo specifico. Per le Norme riportate prive di data, vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa riferimento.

Si precisa che i requisiti tecnici ed ambientali prescritti nelle presenti Norme tecniche sono applicati ai materiali riciclati prodotti sia presso gli impianti di trattamento che presso gli impianti mobili di riciclaggio itineranti, operanti direttamente sul cantiere ove viene prodotto il rifiuto.

1 CRITERI DI UTILIZZO DEI MATERIALI RICICLATI

1.1 PRINCIPI GENERALI

Il presente capitolo riporta, in modo sintetico, i principi fondamentali di impiego dei **prodotti riciclati** ottenuti dal trattamento dei rifiuti speciali non pericolosi nel settore delle costruzioni. Sono indicati i possibili utilizzi dei prodotti specificati nelle prescrizioni tecniche ed ambientali dei capitoli successivi.

Con l'adozione delle presenti Norme tecniche, la Provincia autonoma di Trento ha inteso dare attuazione agli obiettivi della politica comunitaria di migliorare la gestione dei rifiuti sul territorio definendo le caratteristiche qualitative dei prodotti, gli utilizzi consentiti ed il corrispondente valore economico dei prodotti e delle lavorazioni necessarie.

I materiali riciclati ottenuti dal recupero e trattamento dei rifiuti e conformi alle specifiche delle presenti Norme tecniche **cessano la qualifica di rifiuto e divengono prodotti a tutti gli effetti (Direttiva 2008/98/CE)**.

Oltre alle specifiche responsabilità previste dalle norme vigenti, in capo ai soggetti che hanno competenza nell'esecuzione delle Opere (pubbliche e private), si mettono in rilievo gli aspetti fondamentali per l'ambito di utilizzo dei materiali riciclati:

- il Committente deve disporre che per le opere da realizzare sia ridotto il più possibile il ricorso ai materiali "naturali", ed incrementato il regolare utilizzo dei materiali riciclati;
- il Progettista deve individuare il prodotto più idoneo da impiegare nella costruzione o manutenzione dell'opera e procedere con il corretto dimensionamento delle strutture sulla base delle caratteristiche geotecniche di portanza, delle condizioni di traffico, del tipo di carico agente sulla struttura e della durata prevista;
- il Direttore dei Lavori deve vigilare sulla conformità dei requisiti specificati mediante il regime di controlli nelle diverse fasi di qualifica preliminare, accettazione e controllo in corso d'opera e finale;
- l'Impresa esecutrice deve procedere ad un'attenta qualifica dei materiali da utilizzare ed assicurare che le caratteristiche tecniche, prestazionali ed ambientali siano costantemente mantenute per tutta la durata delle forniture e delle lavorazioni.

Nel caso specifico di applicazioni stradali, i prodotti riciclati possono essere utilizzati per l'esecuzione dei lavori di nuova costruzione e di manutenzione dei seguenti tipi di strade: extraurbane (principali e secondarie), urbane (di scorrimento e di quartiere), interpoderali, agricole, forestali, piste ciclabili e residenziali.

1.2 PRODOTTI RICICLATI E LAVORAZIONI

I prodotti riciclati specificati nelle presenti Norme tecniche sono raggruppati nelle seguenti classi:

- prodotti non legati (capitolo 2);
- prodotti legati (capitolo 3);
- stabilizzazioni in situ (capitolo 4).

Nella seguente tabella (Tab. 1) sono elencati i prodotti con riportate le indicazioni relative alla codifica, alla descrizione del prodotto, all'impiego nelle costruzioni ed al riferimento al paragrafo delle Norme tecniche:

Tab. 1 – Classificazione dei prodotti e delle lavorazioni specificate

TIPO		CODICE	DESCRIZIONE	IMPIEGO	RIF.
PRODOTTI NON LEGATI		AM-R-C1-125	Aggregato misto granulare riciclato per rilevato 125.	Corpo del rilevato stradale, opere geotecniche (terre rinforzate, consolidamento versanti, ecc.)	C1 § 2.2
		AM-R-C2-63	Aggregato misto granulare riciclato per sottofondo 63.	Sottofondo stradale.	C2 § 2.3
		AM-R-C3-40	Aggregato misto granulare riciclato per fondazione 40.	Fondazione stradale.	C3 § 2.4
		AM-R-C4-14	Aggregato misto granulare riciclato per riempimenti 14.	riempimenti; rinfiando tubazioni; recuperi ambientali; sistemi di protezione.	C4 § 2.5
		AG-R-C4-40	Aggregato granulare riciclato per riempimenti 40.		C4 § 2.5
		AG-R-C4-125	Aggregato granulare riciclato per riempimenti 125.		C4 § 2.5
		AG-R-C5-40	Aggregato granulare riciclato per strato drenante 40.	Strati accessori (drenante).	C5 § 2.5
		AG-R-C5-200a	Aggregato granulare riciclato per strato drenante e anticapillare 200.	Strati accessori (drenante e anticapillare).	C5 § 2.6
		AG-R-C5-200b	Aggregato granulare riciclato per strato anticapillare e antigelo 200.	Strati accessori (anticapillare e antigelo).	C5 § 2.6
PRODOTTI LEGATI	Legante idraulico	AML-R-CEM	Aggregato misto granulare riciclato legato con cemento.	Fondazioni stradali (il prodotto è collocato nella sovrastruttura stradale sotto lo strato di base)	§ 3.2
	Legante bituminoso	AML-R-BIT	Aggregato misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione).	Fondazioni stradali o strati di base (il prodotto è collocato nella sovrastruttura stradale sotto lo strato di base o collegamento/binder)	§ 3.3
		CB - R	Conglomerato bituminoso riciclato a freddo.		§ 3.4
STABILIZZAZIONI (in situ)		STAB - CEM	Stabilizzazione a cemento.	Fondazioni stradali (la lavorazione interessa il terreno di appoggio dello strato di base/binder della pavimentazione)	§ 4.2
		STAB - CAL	Stabilizzazione a calce.		§ 4.3
		STAB - BIT	Stabilizzazione a bitume (o emulsione).	Strati di base (la lavorazione interessa la parte della sovrastruttura sulla quale viene successivamente steso lo strato di binder)	§ 4.4

LEGENDA: AM = aggregato misto, AG = aggregato granulare, R = riciclato, Cn = allegato della Circolare Ministeriale 5205, AML = aggregato misto legato, CEM = cemento (legante idraulico), BIT = bitume (legante bituminoso), CB = conglomerato bituminoso, CAL = calce, STAB = stabilizzazione.

1.3 SCHEMI DI UTILIZZO NELLE COSTRUZIONI

Allo scopo di fornire indicazioni utili al corretto impiego dei materiali riciclati nelle costruzioni (edili, stradali e recuperi ambientali) sono riportati alcuni schemi applicativi. Gli esempi seguenti sono relativi alle principali tipologie di intervento costruttivo, **sia per nuove realizzazioni che per manutenzioni**.

Per facilitare l'individuazione dei prodotti corrispondenti sono riportati i riferimenti ai paragrafi delle presenti Norme tecniche § x.y ed agli allegati della Circolare Ministeriale 5205.

Cn

1.3.1 CORPO STRADALE

Nella figura seguente (Fig. 1) è riportata la sezione di un corpo stradale realizzato in rilevato, con indicate le definizioni degli strati e degli elementi costruttivi principali.

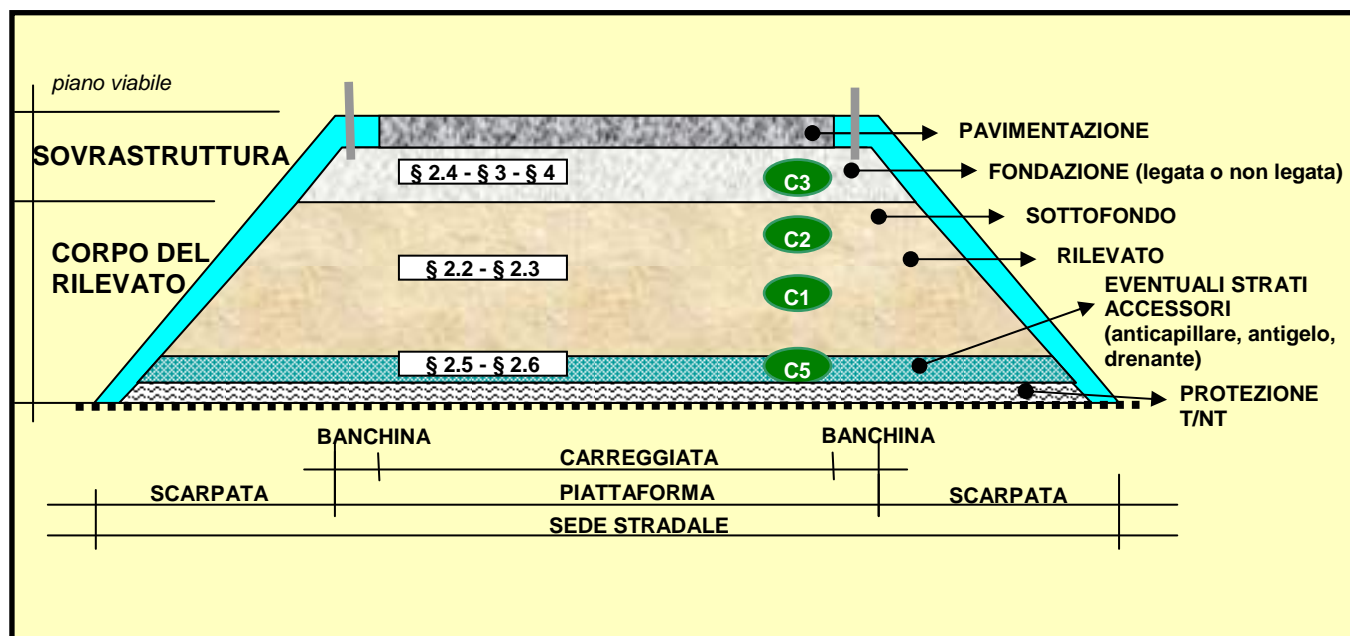


Fig. 1 - Corpo stradale in rilevato

PRECISAZIONI:

- Il Progettista definisce i tipi di materiale e lo spessore degli strati;
- la fondazione può mancare se il sottofondo ha portanza elevata;
- il sottofondo è il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato alla cui profondità le azioni di carico dei veicoli sono ancora apprezzabili (profondità di circa 30-80 cm);
- gli eventuali strati accessori, pur appartenenti alla sovrastuttura, sono normalmente collocati alla base del corpo del rilevato.

1.3.1.1 SOVRASTRUTTURA STRADALE

Le sovrastrutture stradali, normalmente, si considerano di tre tipi, con la seguente denominazione tradizionale:

- flessibile (fondazione non legata o legata con legante bituminoso sovrapposta dalla pavimentazione in conglomerato bituminoso CB);
- semirigida (fondazione legata con legante idraulico sovrapposta dalla pavimentazione in conglomerato bituminoso CB);
- rigida (fondazione non legata o legata con legante idraulico sovrapposta dalla pavimentazione in CLS).

Nelle figure seguenti (Figg. 2, 3, 4) sono descritti i materiali che possono essere utilizzati in base al tipo di sovrastruttura (flessibile, semirigida e rigida):

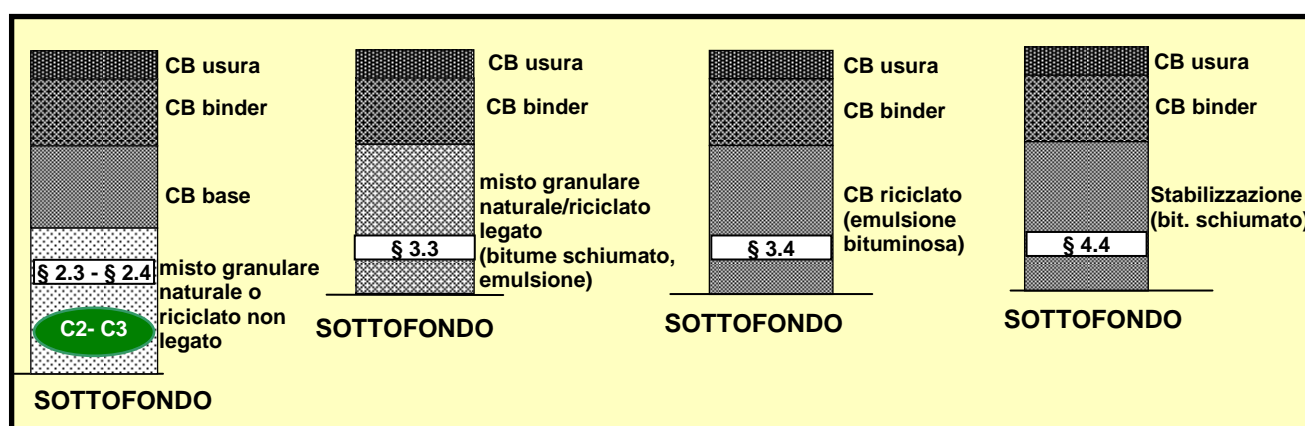


Fig. 2 – Sovrastruttura flessibile

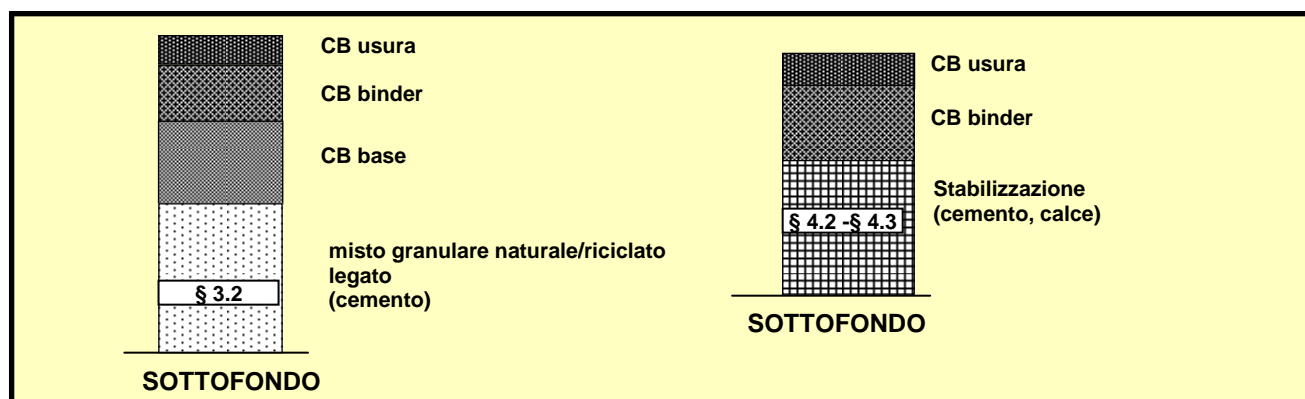


Fig. 3 – Sovrastruttura semirigida

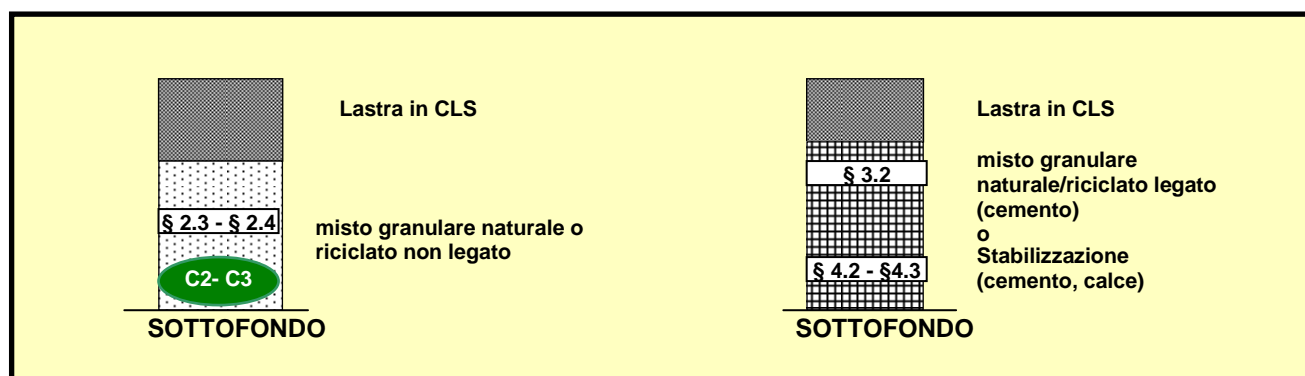


Fig. 4 – Sovrastruttura rigida

1.3.2 RIEMPIMENTI E DRENAGGI

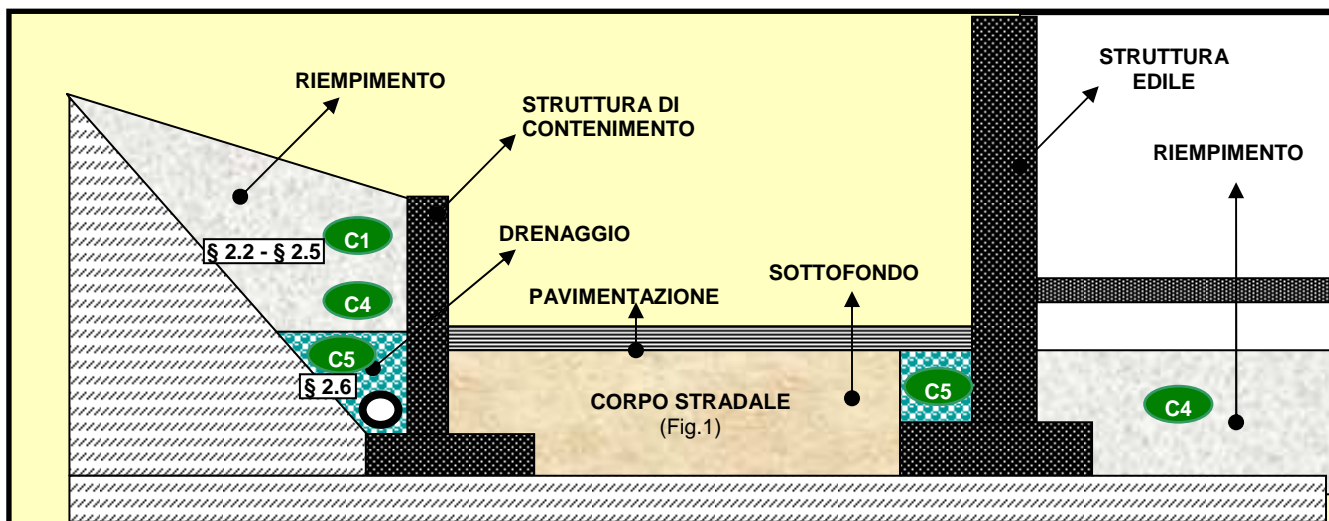


Fig. 5 – Riempimenti e drenaggi (costruzione stradale e costruzione edile)

1.3.3 SOTTOSERVIZI

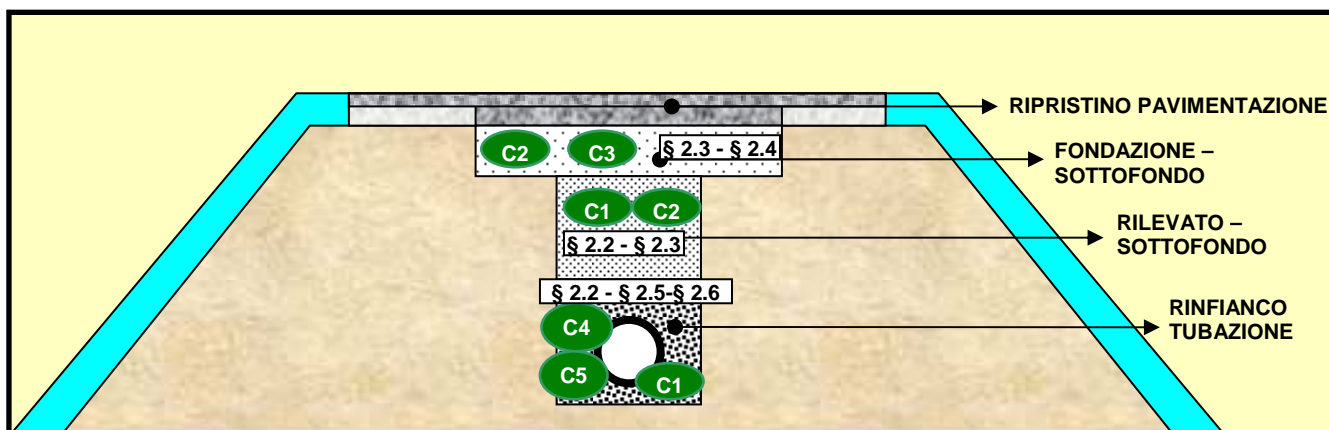


Fig. 6 – Posa sottoservizi

1.3.4 TERRE RINFORZATE

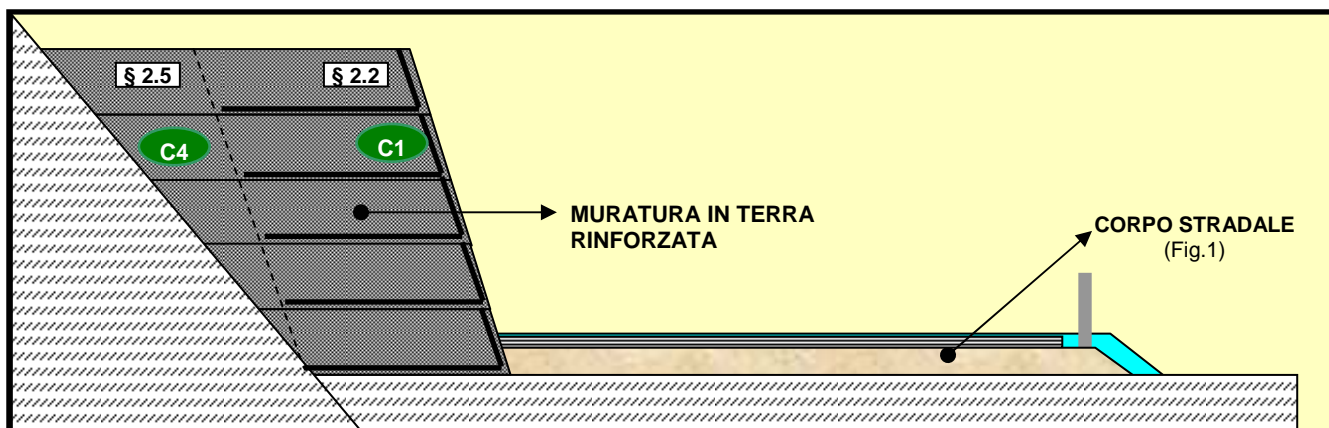


Fig. 7 – Terre rinforzate

Nella costruzione delle strutture in terra rinforzata, i materiali riciclati potranno essere impiegati solo se i requisiti relativi alle caratteristiche di resistenza meccanica risultano validati.

1.3.5 RIEMPIMENTI E COLMATE

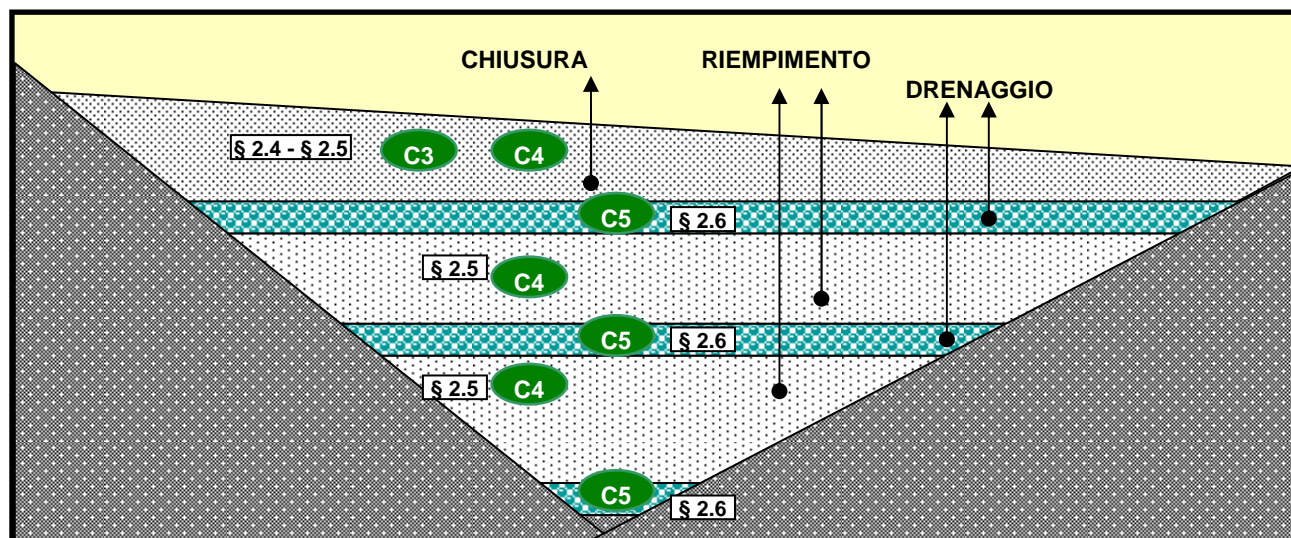


Fig. 8 – Riempimento e colmata

Qualora l'esecuzione di un riempimento o di una colmata si configuri come un'opera di recupero ambientale devono essere verificati gli specifici parametri di compatibilità ambientale (§ 2.5.2 e § 2.6.2).

1.3.6 RIPORTI

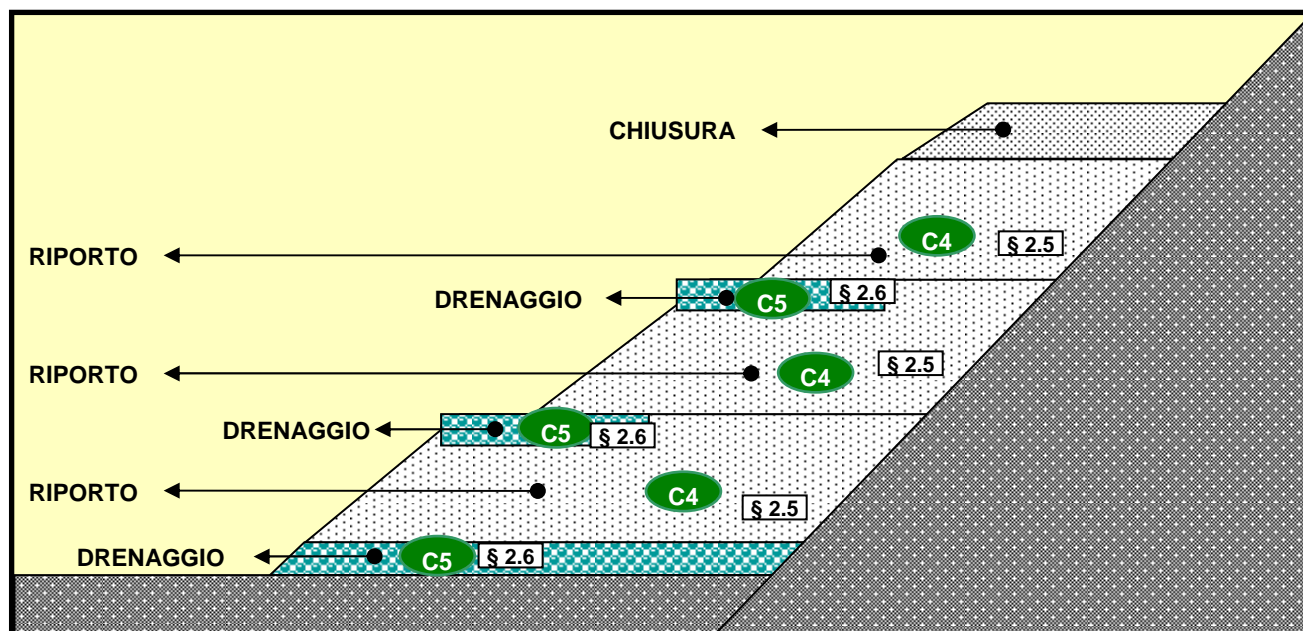


Fig. 9 – Riporto

Qualora l'esecuzione di un riporto si configuri come un'opera di recupero ambientale devono essere verificati gli specifici parametri di compatibilità ambientale (§ 2.5.2 e § 2.6.2).

1.3.7 SISTEMI DI PROTEZIONE

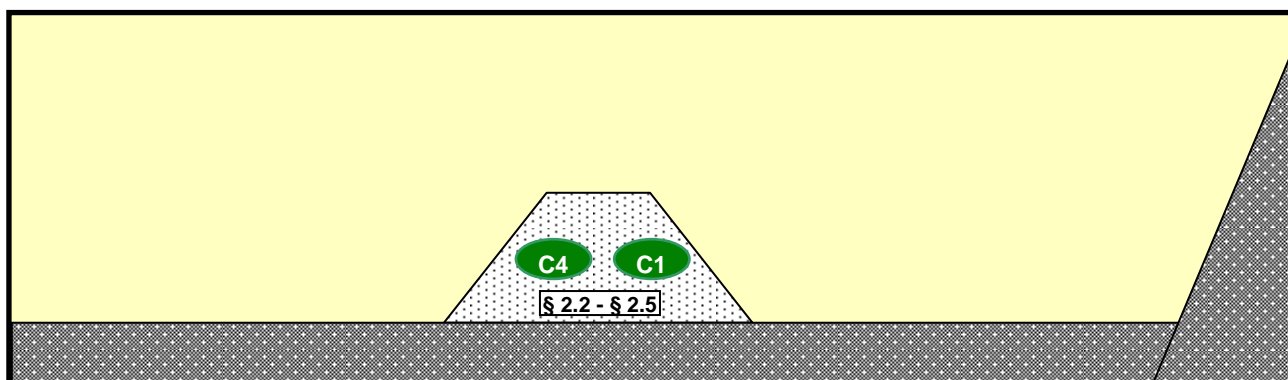


Fig. 10 – Sistemi di protezione (tomo)

1.4 ATTIVITA' DI DEMOLIZIONE

Qualora per la realizzazione o manutenzione di una costruzione siano necessari interventi di demolizione edile e/o stradale, il Progettista incaricato deve procedere con l'individuazione preliminare dei tipi di rifiuto prodotto (demolizione selettiva), al fine di recuperare la maggiore quantità di rifiuti destinati agli impianti di trattamento e ridurre i rifiuti da smaltire in discarica.

Il quadro di riferimento per la gestione dei rifiuti prodotti è medesimo, sia che si tratti della demolizione di una costruzione edile (strutturale o non strutturale), sia che si della demolizione di una costruzione stradale (corpo del rilevato o sovrastruttura).

I materiali risultanti dall'esecuzione di un'opera e non riutilizzati direttamente in cantiere (esempio: materiale proveniente dallo scavo per la posa di sottoservizi) devono essere gestiti, trattati e contabilizzati come rifiuti da costruzione e demolizione, **indipendentemente dall'origine del materiale, naturale o riciclato, utilizzato per la costruzione dell'opera.**

Quindi, come i materiali naturali, anche i rifiuti ottenuti dai lavori di costruzione e demolizione di opere edili e/o stradali realizzate con materiali riciclati, provenienti da un precedente trattamento di rifiuti, **devono essere considerati ancora recuperabili e sottoposti ad un nuovo ciclo di recupero, trattamento e riutilizzo.**

2 PRODOTTI RICICLATI NON LEGATI

Il presente capitolo descrive le specifiche tecniche dei prodotti riciclati non legati impiegati nella costruzione e manutenzione di opere edili e stradali.

La seguente tabella (Tab. 2) riporta la designazione dei prodotti riciclati e gli impieghi corrispondenti:

Tab. 2 – Elenco dei prodotti riciclati non legati

CODICE	PRODOTTO	D max
AM-R-C1-125	Aggregato misto granulare riciclato per rilevato.	125
AM-R-C2-63	Aggregato misto granulare riciclato per sottofondo.	63
AM-R-C3-40	Aggregato misto granulare riciclato per fondazione.	40
AM-R-C4-14	Aggregato misto granulare riciclato per riempimenti.	14
AG-R-C4-40	Aggregato granulare riciclato per riempimenti.	40
AG-R-C4-125	Aggregato granulare riciclato per riempimenti.	125
AG-R-C5-40	Aggregato granulare riciclato per strato drenante.	40
AG-R-C5-200a	Aggregato granulare riciclato per strato drenante e anticapillare.	200
AG-R-C5-200b	Aggregato granulare riciclato per strato anticapillare e antigelo.	200

Nell'Allegato A delle presenti Norme tecniche sono riportate le Schede tecniche dei materiali riciclati non legati che sintetizzano i requisiti specifici di ogni prodotto.

2.1 ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI RICICLATI NON LEGATI

I requisiti di accettazione degli aggregati lapidei riciclati impiegati nelle costruzioni devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- UNI EN ISO 14688-1 (Identificazione e classificazione delle terre);
- UNI EN 13285 (Miscele non legate – specifiche);
- 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);
- d.m. 11 aprile 2007 (Applicazione della Direttiva n. 89/106/CEE sui prodotti da costruzione, recepita con decreto del Presidente della Repubblica 21 aprile 1993, n.246, relativa all'individuazione dei prodotti e dei relativi metodi di controllo della conformità di aggregati);
- Circolare Ministero Ambiente del 15 luglio 2005, n. 5205;
- d.m. 5 febbraio 1998.

Gli aggregati lapidei riciclati devono provenire da impianti per la produzione di materie prime secondarie per l'industria delle costruzioni edili e stradali, regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente (d.lgs. 3 aprile 2006, n.152).

In relazione all'idoneità per l'utilizzo ai sensi delle norme relative alla Marcatura CE dei prodotti da costruzione, di norma, è previsto che il controllo della produzione in fabbrica (FPC) sia effettuato secondo il sistema di attestazione di livello 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato). Qualora il materiale non sia collocato nell'opera con funzione strutturale, la Direzione Lavori (DL) potrà accettare anche l'utilizzo di materiali con attestazione di livello 4 (Autodichiarazione del Produttore).

Prima della fornitura del materiale, l'Impresa deve consegnare alla Direzione Lavori (DL) la documentazione in corso di validità comprovante la regolare marcatura CE del prodotto (Dichiarazione di Conformità CE), la conformità ai requisiti previsti dalle presenti prescrizioni tecniche e la conformità alle prescrizioni applicabili di natura ambientale.

L'Impresa può impiegare esclusivamente i prodotti approvati dalla Direzione Lavori (DL) ed ogni fornitura di materiale deve essere accompagnata dal Documento di trasporto e dall'Etichetta di Marcatura CE.

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali (Circolare Ministero Ambiente del 15 luglio 2005, n. 5205).

Il prelievo dei campioni da sottoporre ad analisi per valutare le proprietà generali degli aggregati deve essere effettuato in conformità alla norma UNI EN 932-1.

La Direzione Lavori (DL) procede con la verifica di conformità secondo quanto previsto dalle presenti Norme tecniche. In ogni caso, i materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo e possedere le caratteristiche stabilite dalle Leggi, dai Regolamenti, dalle Norme armonizzate e dalle Norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nelle presenti Norme tecniche.

2.2 CORPO DEL RILEVATO

L'aggregato misto granulare riciclato non legato impiegato nella costruzione del corpo di un rilevato è composto da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AM-R-C1-125	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO PER RILEVATO	D max 125
-------------	--	-----------

Il prodotto specificato deve provenire da impianti regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente.

2.2.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

2.2.1.1 REQUISITI GEOMETRICI

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati nel corpo del rilevato devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 3):

Tab. 3 – Requisiti geometrici del materiale riciclato per il corpo del rilevato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	125
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 20
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato

La composizione granulometrica della miscela deve rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella (Tab. 4):

Tab. 4 – Composizione granulometrica del materiale riciclato per il corpo del rilevato

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	PASSANTE	
			mm	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	63	85	100
			4	0	60
			0,063	0	15

2.2.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'

Le caratteristiche fisiche degli aggregati riciclati impiegati nel corpo del rilevato devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 5):

Tab. 5 – Requisiti fisici del materiale riciclato per il corpo del rilevato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 45
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 4

2.2.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'

I materiali riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal d.m. 5 febbraio 1998. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella (Tab. 6):

Tab. 6 – Componenti del materiale riciclato per il corpo del rilevato

REQUISITO	NORMA	UM	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 13285 (Separazione visiva al setaccio 8 mm)	%	> 70
Vetro e scorie vetrose			≤ 15
Conglomerati bituminosi			≤ 25
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.			≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici			≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)			≤ 0,6

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali riportate nella tabella precedente.

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS_{0,8}).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere conformi all'Allegato 3 del d.m. 5 febbraio 1998, così come modificato dal d.m. 5 aprile 2006 n. 186. Nella tabella seguente (Tab. 7) sono riportati i parametri di riferimento.

Tab. 7 – Controllo dei parametri di ecocompatibilità (test di cessione) per opere edili e stradali

N.	PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
1	Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
2	Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
3	Amianto	-	mg/l	30
4	Arsenico	As	µg/l	50
5	Bario	Ba	mg/l	1
6	Berillio	Be	µg/l	10
7	Cadmio	Cd	µg/l	5
8	Cianuri	Cn	µg/l	50
9	Cloruri	Cl	mg/l	100
10	Cobalto	Co	µg/l	250
11	Cromo totale	Cr	µg/l	50
12	Fluoruri	F	mg/l	1,5
13	Mercurio	Hg	µg/l	1
14	Nichel	Ni	µg/l	10
15	Nitrati	NO ₃	mg/l	50
16	Piombo	Pb	µg/l	50
17	Rame	Cu	mg/l	0,05
18	Selenio	Se	µg/l	10
19	Solfati	So ₄	mg/l	250
20	Vanadio	V	µg/l	250
21	Zinco	Zn	mg/l	3

NORME DI RIFERIMENTO:
 le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.

2.2.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO

Le proprietà geotecniche del materiale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 8):

Tab. 8 – Requisiti geotecnici del materiale riciclato per il corpo del rilevato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	w _L	%	≤ 40
Indice di plasticità		I _p	%	≤ 10
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti percentuali	< 5
Indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 30

2.2.2 CARATTERISTICHE DEL RILEVATO

2.2.2.1 ESECUZIONE DEL PIANO DI APPOGGIO DEL RILEVATO

Immediatamente prima della costruzione del rilevato, l'impresa deve procedere alla rimozione ed asportazione della terra vegetale, facendo in modo che il piano di appoggio risulti quanto più regolare possibile, privo di avvallamenti e, in ogni caso, tale da evitare il ristagno delle acque piovane.

Di norma, il piano di appoggio dei rilevati è stabilito alla quota di 20 cm al di sotto del piano di campagna ottenuto mediante esecuzione di scavo di sbancamento.

Nel caso in cui il rilevato debba poggiare su declivi con pendenza superiore a 15 % circa, fatte salve altre più restrittive prescrizioni derivanti dalle specifiche condizioni di stabilità globale del pendio, si deve procedere alla sistemazione a gradoni del piano di posa del rilevato con superficie di appoggio eventualmente in leggera pendenza. I gradoni devono avere larghezza costante ed altezza regolare compatibilmente con le esigenze di cantiere e con le dimensioni dei mezzi meccanici impiegati.

La regolarità del piano di posa dei rilevati deve essere approvata dalla DL, previa ispezione e controllo. In presenza di strati di materiali torbosi o coesivi, suscettibili di futuri cedimenti, la DL può disporre l'esecuzione di ulteriori scavi di sbancamento per rimuovere i materiali non idonei.

Qualora si rilevi sul piano di appoggio una portanza inferiore a quella attesa, la DL può disporre il rifacimento delle lavorazioni nelle aree dove le caratteristiche geotecniche non risultano conformi.

2.2.2.2 FORMAZIONE DEL RILEVATO

Il rilevato è eseguito a strati, regolari per tutta la larghezza, dello spessore non superiore a 0,4 m.

Ogni strato deve essere compattato con idoneo rullo vibrante per ottenere il completo assestamento del corpo stradale e raggiungere i requisiti di massima densità. La rullatura può avere luogo solo quando lo scostamento dell'umidità del materiale rientra nella tolleranza definita (Tab. 8).

Qualora il materiale si presenti eccessivamente secco, l'Impresa deve provvedere, a propria cura e spese, alle operazioni di bagnatura fino al raggiungimento del grado di umidità ottimale. In caso di umidità eccessiva si deve provvedere a ridurre il grado di umidità mediante miscelazione con materiale secco o mediante l'impiego di altre metodologie attuate a cura e spese dell'Impresa. Ogni qualvolta le condizioni meteorologiche siano tali da pregiudicare la buona riuscita del lavoro la DL potrà ordinare la sospensione delle operazioni di stesa, senza che l'Impresa possa vantare riserve o oneri aggiuntivi di alcun tipo.

L'accertamento della portanza del rilevato deve essere effettuato su ogni singolo strato. Non è consentito procedere con la realizzazione dello strato successivo se la portanza dello strato di appoggio risulta inferiore al valore prescritto (Tab. 8).

Ogni strato deve presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti. Non si potrà sospendere la costruzione del rilevato, qualunque sia la causa, senza che ad esso sia data una configurazione e senza che nell'ultimo strato sia stata raggiunta la densità prescritta.

Le caratteristiche del materiale in opera devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 9):

Tab. 9 – Caratteristiche del corpo del rilevato realizzato con materiale riciclato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Densità in situ ^(*) (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 90
Modulo di deformazione	CNR 146	M _D	MPa	> 30
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto

(*) il valore prescritto è applicabile per strati con pendenza non superiore a 10%

2.3 SOTTOFONDO STRADALE

Il sottofondo è il terreno costituente il fondo di uno scavo o la parte superiore di un rilevato, avente caratteristiche atte a costituire appoggio alla sovrastruttura stradale (fondazione e pavimentazione). Tale deve considerarsi il terreno fino ad una profondità alla quale le azioni verticali dei carichi mobili siano apprezzabili ed influenti sulla stabilità dell'insieme (normalmente dell'ordine di 30-80 cm).

L'aggregato misto granulare riciclato non legato impiegato nella costruzione del sottofondo stradale è composto da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AM-R-C2-63	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO PER SOTTOFONDO	D max 63
------------	--	----------

Il prodotto specificato deve provenire da impianti regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente.

2.3.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

2.3.1.1 REQUISITI GEOMETRICI

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati nel sottofondo stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (*Tab. 10*):

Tab. 10 – Requisiti geometrici del materiale riciclato per il sottofondo stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	63
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato

La composizione granulometrica della miscela deve rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella (*Tab. 11*):

Tab. 11 – Composizione granulometrica del materiale riciclato per il sottofondo stradale

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	PASSANTE	
			mm	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	63	100	100
			4	0	60
			0,063	0	15
			Il rapporto tra il passante al setaccio 0,5 mm ed il passante al setaccio 0,063 mm deve essere > 1,5		

2.3.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'

Le caratteristiche fisiche degli aggregati riciclati impiegati nel sottofondo stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 12):

Tab. 12 – Requisiti fisici del materiale riciclato per il sottofondo stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 45
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 40
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

2.3.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'

I materiali riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal d.m. 5 febbraio 1998 e s.m.i. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella (Tab. 13):

Tab. 13 – Componenti del materiale riciclato per il sottofondo stradale

REQUISITO	NORMA	UM	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 13285 (Separazione visiva al setaccio 8 mm)	%	> 80
Vetro e scorie vetrose			≤ 10
Conglomerati bituminosi			≤ 15
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.			≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici			≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)			≤ 0,4

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali riportate nella tabella precedente.

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS_{0,8}).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere conformi all'Allegato 3 del DM 5 febbraio 1998 così come modificato dal d.m. 5 aprile 2006 n. 186. Nella seguente tabella (Tab. 14) sono riportati i parametri di riferimento:

Tab. 14 – Controllo dei parametri di ecocompatibilità (test di cessione) per opere edili e stradali

N.	PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
1	Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
2	Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
3	Amianto	-	mg/l	30
4	Arsenico	As	µg/l	50
5	Bario	Ba	mg/l	1
6	Berillio	Be	µg/l	10
7	Cadmio	Cd	µg/l	5
8	Cianuri	Cn	µg/l	50
9	Cloruri	Cl	mg/l	100
10	Cobalto	Co	µg/l	250
11	Cromo totale	Cr	µg/l	50
12	Fluoruri	F	mg/l	1,5
13	Mercurio	Hg	µg/l	1
14	Nichel	Ni	µg/l	10
15	Nitrati	NO ₃	mg/l	50
16	Piombo	Pb	µg/l	50
17	Rame	Cu	mg/l	0,05
18	Selenio	Se	µg/l	10
19	Solfati	So ₄	mg/l	250
20	Vanadio	V	µg/l	250
21	Zinco	Zn	mg/l	3
<p>NORME DI RIFERIMENTO: le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.</p>				

2.3.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO

Le proprietà geotecniche del materiale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 15):

Tab. 15 – Requisiti geotecnici del materiale riciclato per il sottofondo stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	w _L	%	≤ 40
Indice di plasticità		I _p	%	≤ 10
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti percentuali	< 5
Indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 35

2.3.2 CARATTERISTICHE DEL SOTTOFONDO STRADALE

2.3.2.1 FORMAZIONE DEL SOTTOFONDO STRADALE

Il sottofondo è eseguito a strati, regolari per tutta la larghezza, dello spessore non superiore a 0,30 cm.

Ogni strato deve essere compattato con idoneo rullo vibrante per ottenere il completo assestamento del corpo stradale e raggiungere i requisiti di massima densità. La rullatura potrà avere luogo solo quando lo scostamento dell'umidità del materiale rientra nella tolleranza definita (Tab. 15).

Qualora il materiale si presenti eccessivamente secco, l'Impresa deve provvedere, a propria cura e spese, alle operazioni di bagnatura fino al raggiungimento del grado di umidità ottimale. In caso di umidità eccessiva, si deve provvedere ad abbassare il grado di umidità mediante miscelazione con materiale secco o mediante l'impiego di altre metodologie attuate a cura e spese dell'Impresa. Ogni qualvolta le condizioni meteorologiche siano tali da pregiudicare la buona riuscita del lavoro, la DL potrà ordinare la sospensione delle operazioni di stesa, senza che l'Impresa possa vantare riserve o oneri aggiuntivi di alcun tipo.

L'accertamento della portanza del sottofondo deve essere effettuato su ogni singolo strato. Non è consentito procedere con la realizzazione dello strato successivo se la portanza dello strato di appoggio risulta inferiore al valore prescritto (Tab. 15).

Ogni strato deve presentare una superficie superiore conforme alla sagoma dell'opera finita, così da evitare ristagni di acqua e danneggiamenti.

Le caratteristiche del sottofondo stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 16):

Tab. 16 – Caratteristiche del sottofondo stradale realizzato con materiale riciclato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Densità in situ (*) (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 90
Modulo di deformazione	CNR 146	M _D	MPa	> 60
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto

(*) il valore prescritto è applicabile per strati con pendenza non superiore a 10%

2.4 FONDAZIONE STRADALE

La fondazione stradale è la parte inferiore della sovrastruttura a diretto contatto con il terreno di appoggio (sottofondo) ed ha funzione di trasmissione e distribuzione delle sollecitazioni provocate dall'azione dei veicoli.

Negli interventi di costruzione e manutenzione della sovrastruttura stradale, la fondazione stradale può non essere effettuata nel caso in cui il sottofondo abbia già la portanza prevista. In questo caso la D L deve valutare la necessità di regolarizzare il piano di appoggio della pavimentazione.

L'aggregato misto granulare riciclato non legato impiegato nella costruzione della fondazione stradale è composto da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AM-R-C3-40	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO PER FONDAZIONE STRADALE	D max 40
------------	---	----------

Il prodotto specificato deve provenire da impianti regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente.

2.4.1 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

2.4.1.1 REQUISITI GEOMETRICI

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati nella fondazione stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 17):

Tab. 17 – Requisiti geometrici del materiale riciclato per la fondazione stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato

La composizione granulometrica della miscela deve rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella (Tab. 18):

Tab. 18 – Composizione granulometrica del materiale riciclato per la fondazione stradale

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	PASSANTE	
			mm	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	40	100	100
			20	61	79
			10	41	64
			4	31	49
			2	22	36
			1	13	30
			0,5	10	20
			0,063	0	10
			Il rapporto tra il passante al setaccio 0,5 mm ed il passante al setaccio 0,063 mm deve essere > 1,5		

2.4.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'

Le caratteristiche fisiche degli aggregati riciclati impiegati nella fondazione stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 19):

Tab. 19 – Requisiti fisici del materiale riciclato per il corpo per la fondazione stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

2.4.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'

I materiali riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal d.m. 5 febbraio 1998 e s.m.i. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella (Tab. 20):

Tab. 20 – Componenti del materiale riciclato per la fondazione stradale

REQUISITO	NORMA	UM	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 13285 (Separazione visiva al setaccio 8 mm)	%	> 90
Vetro e scorie vetrose			≤ 5
Conglomerati bituminosi			≤ 5
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.			≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici			≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)			≤ 0,4

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali riportate nella tabella precedente.

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS_{0,8}).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere conformi all'Allegato 3 del del d.m. 5 febbraio 1998 così come modificato dal DM 5 aprile 2006 n. 186. . Nella tabella seguente (Tab. 21) sono riportati i parametri di riferimento.

Tab. 21 – Controllo dei parametri di ecocompatibilità (test di cessione) per opere edili e stradali

N.	PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
1	Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
2	Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
3	Amianto	-	mg/l	30
4	Arsenico	As	µg/l	50
5	Bario	Ba	mg/l	1
6	Berillio	Be	µg/l	10
7	Cadmio	Cd	µg/l	5
8	Cianuri	Cn	µg/l	50
9	Cloruri	Cl	mg/l	100
10	Cobalto	Co	µg/l	250
11	Cromo totale	Cr	µg/l	50
12	Fluoruri	F	mg/l	1,5
13	Mercurio	Hg	µg/l	1
14	Nichel	Ni	µg/l	10
15	Nitrati	NO ₃	mg/l	50
16	Piombo	Pb	µg/l	50
17	Rame	Cu	mg/l	0,05
18	Selenio	Se	µg/l	10
19	Solfati	So ₄	mg/l	250
20	Vanadio	V	µg/l	250
21	Zinco	Zn	mg/l	3

NORME DI RIFERIMENTO:
le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.

2.4.1.4 REQUISITI GEOTECNICI DEL PRODOTTO

Le proprietà geotecniche del materiale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 22):

Tab. 22 – Requisiti geotecnici del materiale riciclato per la fondazione stradale

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Limite liquido	UNI CEN ISO/TS 17892-12	w_L	%	≤ 40
Indice di plasticità		I_p	%	≤ 10
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti percentuali	< 5
Indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 40

2.4.2 CARATTERISTICHE DELLO STRATO DI FONDAZIONE

2.4.2.1 FORMAZIONE DELLA FONDAZIONE STRADALE

La fondazione stradale è eseguita a strati, regolari per tutta la larghezza, dello spessore non superiore a 0,30 cm.

Ogni strato deve essere compattato con idoneo rullo vibrante per ottenere il completo assestamento del corpo stradale e raggiungere i requisiti di massima densità. La rullatura può avere luogo solo quando lo scostamento dell'umidità del materiale rientra nella tolleranza definita (Tab. 22).

Qualora il materiale si presenti eccessivamente secco, l'Impresa deve provvedere, a propria cura e spese, alle operazioni di bagnatura fino al raggiungimento del grado di umidità ottimale. In caso di umidità eccessiva, si deve provvedere ad abbassare il grado di umidità mediante miscelazione con materiale secco o mediante l'impiego di altre metodologie attuate a cura e spese dell'Impresa. Ogni qualvolta le condizioni meteorologiche siano tali da pregiudicare la buona riuscita del lavoro, la DL potrà ordinare la sospensione delle operazioni di stesa, senza che l'Impresa possa vantare riserve o oneri aggiuntivi di alcun tipo.

Il materiale deve essere steso mediante l'utilizzo di livellatrice e costipato con rulli vibranti gommati e/o combinati (cilindri in ferro e gomma).

Le lavorazioni devono essere sospese in caso di condizioni ambientali sfavorevoli (precipitazioni meteoriche, gelo) per non compromettere le caratteristiche della fondazione. Eventuali porzioni di materiale alterato da eccessiva quantità di acqua o da deformazioni dovute al gelo, devono essere rimosse e ripristinate.

Sullo strato di fondazione, compattato in conformità alle prescrizioni descritte, è opportuno procedere celermente con l'esecuzione della pavimentazione. Ciò al fine di prevenire fenomeni di allentamento, di asportazione e disgregazione del materiale fine, interessanti la parte superficiale degli strati di fondazione che non siano adeguatamente protetti dal traffico di cantiere, ovvero dagli agenti atmosferici.

Di norma le pendenze trasversali dei piani devono essere maggiori del 2,5 %.

Le caratteristiche della fondazione stradale devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 23):

Tab. 23 – Caratteristiche della fondazione stradale con materiale riciclato

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Densità in situ (*) (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 80
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto

(*) il valore prescritto è applicabile per strati con pendenza non superiore a 10%

2.5 RIEMPIMENTI E COLMATE

I materiali riciclati non legati trovano valido impiego nelle costruzioni edili e stradali nella formazione di riempimenti come ripristino di cavi di fondazione intorno alle strutture, come rinterro di cavi praticati nel corpo stradale a seguito della posa di sottoservizi, come riempimenti a ridosso di murature di sostegno e come tomi di terre rinforzate.

Salvo impieghi speciali, i materiali riciclati necessari per l'esecuzione di riempimenti sono classificati in funzione della loro dimensione caratteristica relativa alle frazioni grosse. In base alla destinazione nell'opera da realizzare, il Progettista avrà cura di individuare il tipo di materiale tra quelli specificati di seguito.

Gli aggregati misti riciclati non legati impiegati nella realizzazione di riempimenti e colmate sono composti da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Qualora i materiali per riempimenti e colmate siano utilizzati in opere di recupero ambientale, l'accettazione è subordinata alla valutazione di conformità per i requisiti di compatibilità specificati nel paragrafo 2.5.2.

I prodotti sono designati secondo le seguenti diciture:

AM-R-C4-14	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO PER RIEMPIMENTI	D max 14
AG-R-C4-40	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO PER RIEMPIMENTI	D max 40
AG-R-C4-125	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO PER RIEMPIMENTI	D max 125

I prodotti specificati devono provenire da impianti regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente.

2.5.1 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI

2.5.1.1 REQUISITI GEOMETRICI

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati nei riempimenti devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 24):

Tab. 24 – Requisiti geometrici del materiale riciclato per riempimenti

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITI		
				Dmax 14	Dmax 40	Dmax 125
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato		
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	14	40	125
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato		
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15		
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	Valore dichiarato		

I costituenti della frazione trattenuta al setaccio da 63 mm devono essere compatti e privi di vuoti interni (blocchi di roccia, mattoni pieni, calcestruzzo scervo di armatura sporgente); non sono accettati mattoni forati, blocchi forati o simili, se non frantumati fino a risultare passanti al setaccio da 63 mm.

La composizione granulometrica delle miscele devono rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella (Tab. 25):

Tab. 25 – Composizione granulometrica dei materiali per riempimenti

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	PASSANTE					
				Dmax 14		Dmax 40		Dmax 125	
			mm	min	max	min	max	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	125					100	100
			63					85	100
			40			100	100	-	-
			31,5			85	100	-	-
			14	100	100	-	-	-	-
			10	85	100	-	-	-	-
			0,063	0	15	0	15	0	15

2.5.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'

Le caratteristiche fisiche degli aggregati riciclati impiegati nei riempimenti devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 26):

Tab. 26 – Requisiti fisici del materiale riciclato per riempimenti

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato

2.5.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'

I materiali riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal d.m. 5 febbraio 1998 e s.m.i. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella (Tab. 27):

Tab. 27 – Componenti del materiale riciclato per riempimenti

REQUISITO	NORMA	UM	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 13285 (Separazione visiva al setaccio 8 mm)	%	> 70
Vetro e scorie vetrose			≤ 15
Conglomerati bituminosi			≤ 25
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.			≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici			≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)			≤ 0,6

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali riportate nella tabella precedente.

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS_{0,8}).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere conformi all'Allegato 3 del d.m. 5 febbraio 1998 così come modificato dal d.m. 5 aprile 2006 n. 186. Nella seguente tabella (Tab. 28) sono riportati i parametri di riferimento.

Tab. 28 – Controllo dei parametri di ecocompatibilità (test di cessione) per opere edili e stradali

N.	PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
1	Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
2	Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
3	Amianto	-	mg/l	30
4	Arsenico	As	µg/l	50
5	Bario	Ba	mg/l	1
6	Berillio	Be	µg/l	10
7	Cadmio	Cd	µg/l	5
8	Cianuri	Cn	µg/l	50
9	Cloruri	Cl	mg/l	100
10	Cobalto	Co	µg/l	250
11	Cromo totale	Cr	µg/l	50
12	Fluoruri	F	mg/l	1,5
13	Mercurio	Hg	µg/l	1
14	Nichel	Ni	µg/l	10
15	Nitrati	NO ₃	mg/l	50
16	Piombo	Pb	µg/l	50
17	Rame	Cu	mg/l	0,05
18	Selenio	Se	µg/l	10
19	Solfati	So ₄	mg/l	250
20	Vanadio	V	µg/l	250
21	Zinco	Zn	mg/l	3
<p>NORME DI RIFERIMENTO: le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.</p>				

2.5.2 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI DESTINATI AI RECUPERI AMBIENTALI

Qualora i materiali specificati siano destinati all'esecuzione di opere per recupero ambientale, il Produttore deve procedere, in aggiunta a quanto specificato al paragrafo precedente, anche con la caratterizzazione analitica dei materiali relativa alla loro composizione per valutare la conformità all'effettiva destinazione d'uso. La composizione dei materiali deve essere conforme alla Tabella 1 dell'Allegato 5 del d.lgs. 3 aprile 2006 n. 152, secondo la seguente classificazione:

- per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale si applica la Colonna A;
- per i suoli ad uso commerciale o industriale si applica la Colonna B.

2.5.3 CARATTERISTICHE DEL RIEMPIMENTO

2.5.3.1 FORMAZIONE DEL RIEMPIMENTO

I materiali trasportati mediante autocarri o mezzi simili non debbono essere scaricati direttamente a ridosso dei cavi o al loro interno, ma depositati nelle vicinanze e successivamente posati in opera a strati per essere compattati con idonei mezzi meccanici.

L'Impresa deve evitare di realizzare riempimenti o rinterri in corrispondenza di manufatti murari che non abbiano raggiunto sufficienti caratteristiche di resistenza. Inoltre si deve evitare che i rulli vibranti operino entro una distanza di 1,5 m dai paramenti delle strutture murarie. A tergo di tali strutture devono essere impiegati mezzi di compattazione leggeri, quali piastre vibranti e rulli azionati a mano, avendo cura di garantire i requisiti di addensamenti richiesti, operando su strati di spessore ridotto.

Qualora il materiale si presenti eccessivamente secco, l'Impresa deve provvedere, a propria cura e spese, alle operazioni di bagnatura fino al raggiungimento del grado di umidità ottimale. In caso di umidità eccessiva si deve provvedere a ridurre il grado di umidità mediante miscelazione con materiale secco o mediante l'impiego di altre metodologie attuate a cura e spese dell'Impresa. Ogni qualvolta le condizioni meteorologiche siano tali da pregiudicare la buona riuscita del lavoro la DL potrà ordinare la sospensione delle operazioni di stesa, senza che l'Impresa possa vantare riserve o oneri aggiuntivi di alcun tipo.

Nella formazione dei riempimenti, ovvero di tratti rimasti in sospeso per la presenza di tombini, canali, cavi, ecc, si deve garantire la continuità con la parte precedentemente realizzata impiegando materiali e livelli di compattazione identici.

Nel caso di formazione di tomi o strutture portanti in terra rinforzata, il progettista deve determinare le caratteristiche meccaniche dei materiali e le modalità di costruzione in funzione dell'opera da eseguire.

2.6 STRATI ACCESSORI

Nella costruzione di un corpo stradale possono essere utilmente previsti degli strati accessori aventi generalmente alta permeabilità ed eventualmente protetti da geotessile con funzione anticontaminante.

L'aggregato granulare riciclato non legato impiegato nella realizzazione degli strati accessori è composto da aggregati, generalmente monogranulari, ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Gli aggregati riciclati non legati impiegati nella realizzazione di strati accessori sono composti da aggregati ottenuti mediante recupero dei rifiuti non pericolosi eventualmente addizionati con materiali naturali.

Gli strati accessori possono essere classificati in base alle funzioni specifiche in:

- strato drenante,
- strato drenante e anticapillare,
- strato anticapillare e antigelo.

I prodotti specificati devono provenire da impianti regolarmente autorizzati all'esercizio in conformità alla normativa vigente. Qualora i materiali per gli strati accessori siano utilizzati in opere di recupero ambientale, l'accettazione è subordinata alla valutazione di conformità per i requisiti di compatibilità specificati nel paragrafo 2.6.2

STRATO DRENANTE

È uno strato di materiale poroso permeabile, posto a conveniente altezza nel corpo stradale, per provvedere alla raccolta ed allo smaltimento di acque di falda o di infiltrazione verso le cunette laterali o altro dispositivo drenante. Il materiale specificato può anche essere utilizzato nei drenaggi per la raccolta delle acque profonde.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AG-R-C5-40	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO PER STRATO DRENANTE	D max 40
------------	---	----------

STRATO DRENANTE E ANTICAPILLARE

È uno strato di moderato spessore interposto fra lo strato di fondazione ed il terreno di sottofondo, destinato ad interrompere l'eventuale risalita capillare verso la sovrastruttura dell'acqua proveniente dalla falda acquifera.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AG-R-C5-200a	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO PER STRATO DRENANTE E ANTICAPILLARE	D max 200
--------------	---	-----------

STRATO ANTICAPILLARE E ANTIGELO

È uno strato di adeguato spessore steso al di sotto dello strato di fondazione, avente la funzione di impedire che la profondità di penetrazione del gelo raggiunga un sottofondo gelivo.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AG-R-C5-200b	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO PER STRATO ANTICAPILLARE E ANTIGELO	D max 200
--------------	---	-----------

2.6.1 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI

2.6.1.1 REQUISITI GEOMETRICI

I materiali devono essere designati in conformità alla Norma UNI EN 13242.

Le caratteristiche geometriche degli aggregati riciclati impiegati negli strati accessori devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 29):

Tab. 29 – Requisiti geometrici dei materiali riciclati per gli strati accessori

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITI		
				Drenante 40	Drenante e anticapillare 200	Anticapillare e antigelo. 200
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato		
Dimensione massima dell'aggregato		D_{max}	mm	40	200	200
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato		
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2		
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	Valore dichiarato		

La composizione granulometrica degli aggregati deve rispettare i limiti dimensionali riportati nella seguente tabella (Tab. 30):

Tab. 30 – Composizione granulometrica dei materiali riciclati per gli strati accessori

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	LIMITI					
				Drenante 40		Drenante e anticapillare 200		Anticapillare e antigelo 200	
			mm	min	max	min	max	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	200	100	100	100	100	100	100
			40	100	100	-	-	-	-
			20	-	-	-	-	-	-
			16	-	-	0	5	0	5
			5,6	-	-	-	-	-	-
			4	0	5	-	-	-	-
			0,063	0	2	0	2	0	2

2.6.1.2 REQUISITI FISICI E DI DURABILITA'

Le caratteristiche fisiche degli aggregati riciclati impiegati negli strati accessori devono essere conformi alle prescrizioni riportate nella seguente tabella (Tab. 31):

Tab. 31 – Requisiti fisici del materiale riciclato per gli strati accessori

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITI		
				Drenante 40	Drenante e anticapillare 200	Anticapillare e antigelo 200
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato		≤ 30
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato		
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato		≤ 2
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	---		≤ 2

2.6.1.3 REQUISITI CHIMICI, COMPONENTI ED ECOCOMPATIBILITA'

I materiali riciclati devono appartenere alle tipologie previste dal d.m. 5 febbraio 1998 e s.m.i. Le sostanze componenti ed il contenuto percentuale ammesso sono riportate nella seguente tabella (Tab. 32):

Tab. 32 – Componenti del materiale riciclato per gli strati accessori

REQUISITO	NORMA	UM	LIMITE
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie spente e loppe di fonderia di metalli ferrosi (caratterizzate secondo UNI EN 13242).	UNI EN 13285 (Separazione visiva al setaccio 8 mm)	%	> 80
Vetro e scorie vetrose			≤ 10
Conglomerati bituminosi			≤ 15
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.			≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici			≤ 0,1
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)			≤ 0,4

Nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo di materiali naturali, in terra ed in roccia, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali riportate nella tabella precedente.

Qualora il materiale venga posizionato a contatto con strutture in calcestruzzo il contenuto di solfato solubile in acido (AS), determinato secondo la Norma UNI EN 1744-1, deve essere inferiore a 0,8 per cento (categoria massima AS_{0,8}).

Il Produttore deve effettuare la verifica di rilascio di eventuali sostanze (test di cessione) secondo le Norme UNI 10802 (Appendice A) e UNI EN 12457-2. I valori riscontrati per i parametri di riferimento devono essere

conformi all'Allegato 3 del d.m. 5 febbraio 1998 così come modificato dal d.m. 5 aprile 2006 n. 186. Nella seguente tabella (Tab. 33) sono riportati i parametri di riferimento.

Tab. 33 – Controllo dei parametri di ecocompatibilità (test di cessione) per opere edili e stradali

N.	PARAMETRO	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
1	Acidità	pH	unità pH	da 5,5 a 12,0
2	Domanda Chimica di Ossigeno	COD	mg/l	30
3	Amianto	-	mg/l	30
4	Arsenico	As	µg/l	50
5	Bario	Ba	mg/l	1
6	Berillio	Be	µg/l	10
7	Cadmio	Cd	µg/l	5
8	Cianuri	Cn	µg/l	50
9	Cloruri	Cl	mg/l	100
10	Cobalto	Co	µg/l	250
11	Cromo totale	Cr	µg/l	50
12	Fluoruri	F	mg/l	1,5
13	Mercurio	Hg	µg/l	1
14	Nichel	Ni	µg/l	10
15	Nitrati	NO ₃	mg/l	50
16	Piombo	Pb	µg/l	50
17	Rame	Cu	mg/l	0,05
18	Selenio	Se	µg/l	10
19	Solfati	So ₄	mg/l	250
20	Vanadio	V	µg/l	250
21	Zinco	Zn	mg/l	3

NORME DI RIFERIMENTO:
 le analisi sui campioni devono essere effettuate secondo metodiche standardizzate o riconosciute valide a livello nazionale, comunitario o internazionale.

2.6.2 CARATTERISTICHE DEI PRODOTTI DESTINATI AI RECUPERI AMBIENTALI

Qualora i materiali specificati siano destinati all'esecuzione di opere per recupero ambientale, il Produttore deve procedere, in aggiunta a quanto specificato al paragrafo precedente, anche con la caratterizzazione analitica dei materiali relativa alla loro composizione per valutare la conformità all'effettiva destinazione d'uso. La composizione dei materiali deve essere conforme alla Tabella 1 dell'Allegato 5 del d.lgs 3 aprile 2006 n. 152, secondo la seguente classificazione:

- per i suoli ad uso verde pubblico, privato e residenziale si applica la Colonna A;
- per i suoli ad uso commerciale o industriale si applica la Colonna B.

2.6.3 FORMAZIONE DEGLI STRATI ACCESSORI

In generale, la fase di posa in opera dei materiali utilizzati per gli strati accessori non deve alterare le caratteristiche dimensionali degli aggregati. Pertanto, l'Impresa deve evitare la costipazione, statica o vibrante, che potrebbe provocare una frantumazione degli aggregati con produzione di elementi fini.

In relazione alle caratteristiche idrogeologiche, alla natura dei materiali costituenti il rilevato o il riempimento, alle dimensioni del drenaggio e, in genere, allo scopo di migliorare le caratteristiche del piano di imposta del rilevato, la DL potrà disporre che gli strati accessori realizzati secondo la presente specifica tecnica siano

protetti mediante stesa di teli geotessili, per impedire che le frazioni più fini possano saturare i vuoti degli aggregati e pregiudicare la funzionalità degli strati stessi.

I teli geotessili sono posti in opera in strisce contigue opportunamente sovrapposte sui bordi per almeno 40 cm. Le caratteristiche tecniche del telo sono determinate dal Progettista in funzione dell'applicazione specifica.

Le dimensioni degli strati accessori e delle opere di drenaggio sono determinate dal Progettista in relazione alle caratteristiche dei luoghi e delle opere da realizzare. Di norma, lo strato anticapillare e antigelo deve avere uno spessore compreso tra 30 e 50 cm.

3 PRODOTTI RICICLATI LEGATI

Il presente capitolo descrive le caratteristiche tecniche dei prodotti riciclati legati impiegati nella costruzione e manutenzione di opere stradali.

La seguente tabella (Tab. 34) riporta la designazione dei prodotti riciclati legati e gli impieghi corrispondenti:

Tab. 34 – Elenco dei prodotti riciclati legati

CODICE	PRODOTTO	LEGANTE	IMPIEGHI
AML-R-CEM	Aggregato misto granulare riciclato legato con cemento.	Idraulico (cemento)	Fondazioni stradali (il prodotto è collocato nella sovrastruttura stradale sotto lo strato di base)
AML-R-BIT	Aggregato misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione).	Idraulico (cemento) e bituminoso (bitume schiumato o emulsione bituminosa)	Fondazioni stradali o strati di base (il prodotto è collocato nella sovrastruttura stradale sotto lo strato di base o collegamento/binder)
CB – R	Conglomerato bituminoso riciclato a freddo	Bituminoso (emulsione bituminosa)	

Sulla base delle caratteristiche dei luoghi ed in funzione delle prestazioni richieste, il Progettista deve individuare il prodotto idoneo e dimensionare correttamente gli strati della sovrastruttura.

Di norma, ai fini della durata nel tempo della sovrastruttura, sopra gli strati di materiale stabilizzato e/o rigenerato devono essere posizionati sia lo strato di collegamento in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (binder) sia il successivo strato superficiale (usura).

I materiali riciclati legati sono prodotti mediante utilizzo di impianti di miscelazione e dosaggio dei costituenti. Tali impianti possono essere posizionati presso uno stabilimento di trattamento dei rifiuti o nelle vicinanze del cantiere di posa purché, in entrambi i casi, il Produttore sia in possesso delle necessarie autorizzazioni rilasciate dagli Enti competenti.

Nell'Allegato B delle presenti Norme tecniche sono riportate le schede tecniche dei materiali riciclati legati che sintetizzano i requisiti specifici di ogni prodotto.

3.1 ACCETTAZIONE DEI PRODOTTI RICICLATI LEGATI

In generale, i requisiti di accettazione dei prodotti riciclati legati impiegati nella costruzione e manutenzione delle sovrastrutture stradali devono fare riferimento alla normativa relativa ai materiali per usi stradali, suddivisa in base alla natura del legante utilizzato.

Le norme di riferimento per l'accettazione delle miscele sono:

- UNI EN 14227-1 "Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali" (misti cementati).
- UNI EN 14227-5 "Miscele legate con legante idraulico per strade".

In particolare, i requisiti di accettazione dei prodotti riciclati legati e dei relativi materiali costituenti sono riportati nelle singole specifiche tecniche.

Gli aggregati lapidei riciclati utilizzati per la produzione dei materiali legati specificati nel presente capitolo devono provenire da impianti per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia, regolarmente autorizzati in conformità alla normativa vigente (d.lgs 3 aprile 2006, n.152)

Prima della fornitura del materiale, l'Impresa deve consegnare alla DL la seguente documentazione in corso di validità:

- rapporti di prova per la verifica di conformità ai requisiti previsti dalle presenti Prescrizioni tecniche per i materiali costituenti;
- composizione ottimale delle miscele (mix design) e relativi rapporti di prova per la verifica di conformità alle presenti Prescrizioni tecniche;
- Dichiarazione di Conformità CE relativa ai materiali costituenti ed ai prodotti, ove applicabile.

L'Impresa potrà impiegare esclusivamente i prodotti approvati dalla DL.

In ogni caso, i materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo e possedere le caratteristiche stabilite dalle Leggi, dai Regolamenti, dalle Norme armonizzate, ove applicabili, e dalle norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nelle presenti Norme tecniche.

3.2 MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO (misto cementato)

Il misto granulare riciclato legato con cemento è una miscela costituita da aggregati riciclati trattati con legante idraulico (cemento) ed è idoneo per l'esecuzione di strati di fondazione e sottofondazione di una sovrastruttura stradale. Di norma, sopra il misto cementato devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (base, collegamento e usura). Tale sovrastruttura è classificata come semirigida per la presenza di materiali legati con cemento (parte rigida) e materiali legati con bitume (parte flessibile).

Il prodotto deve essere conforme alla norma UNI EN 14227-1 "Miscele legate con cemento per fondi e sottofondi stradali" e è designato secondo la seguente dicitura:

AML-R-CEM	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO
-----------	--

3.2.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il misto granulare riciclato legato con cemento è composto dai seguenti materiali costituenti:

- aggregati riciclati (provenienti dal trattamento dei rifiuti);
- eventuali aggregati naturali di integrazione;
- eventuale conglomerato bituminoso di recupero;
- legante idraulico (cemento);
- acqua.

Nei paragrafi seguenti sono riportati requisiti dei singoli materiali costituenti.

3.2.1.1 AGGREGATI

Gli aggregati costituenti il misto granulare riciclato legato con cemento sono materie prime secondarie provenienti da processi di trattamento di rifiuti prodotti da attività di costruzione e demolizione e da attività industriali. Al fine di correggere la composizione e ottimizzare le caratteristiche tecniche del prodotto, è ammessa l'eventuale integrazione con una minima parte di materiali naturali di primo impiego. I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, sia riciclati che naturali di integrazione, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- 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".

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 35):

Tab. 35 – Requisiti degli aggregati per il misto granulare riciclato legato con cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	Valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	≤ 5
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

3.2.1.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO

Nella produzione della miscela di aggregato riciclato legato con cemento è ammesso l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (fresato), proveniente dalla demolizione di sovrastrutture stradali opportunamente ridotto nelle classi granulometriche idonee all'utilizzo.

Il Produttore deve qualificare il conglomerato bituminoso di recupero determinando le caratteristiche comprese nella seguente tabella (Tab. 36):

Tab. 36 –Caratteristiche del cb di recupero per il misto granulare riciclato legato con cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	D_{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato

3.2.1.3 LEGANTE

Il cemento utilizzato deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1;
- ENV 13282 “Leganti idraulici per impieghi stradali”.

Il cemento deve avere classe di resistenza maggiore o uguale a 22,5 N ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 1+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

3.2.1.4 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

3.2.1.5 ADDITIVI

Al fine di migliorare le caratteristiche del misto cementato è ammesso l'impiego di additivi conformi alla norma UNI EN 934-2.

3.2.2 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare riciclato legato con cemento deve avere la composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 933-1, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella (Tab. 37):

Tab. 37 – Composizioni granulometriche degli aggregati per i misti riciclati legati con cemento

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	LIMITI	
			mm	min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	40	100	100
			31,5	85	100
			25	75	100
			20	65	94
			10	44	78
			4	26	61
			2	18	50
			0,5	8	30
			0,25	6	22
			0,063	3	11

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare della miscela che intende utilizzare (mix design), indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale rispetto alla massa totale della miscela secca (aggregati + cemento + additivi = 100%).

Le percentuali dei singoli materiali costituenti (aggregati riciclati e naturali, cb di recupero, cemento, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) devono essere determinate secondo le modalità e le prescrizioni previste dalla norma UNI EN 14227-1 in base alla granulometria degli aggregati ed alle caratteristiche meccaniche della miscela. In ogni caso il contenuto di cemento non deve mai essere inferiore al 3%.

La miscela di misto granulare riciclato legato con cemento deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab.38):

Tab. 38 – Caratteristiche della miscela di aggregati riciclati legati con cemento

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	Valore dichiarato
Resistenza a compressione a 7 gg	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,0 a 3,5
Resistenza a compressione a 28 gg				da 2,5 a 5,0
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,2 a 0,35
Resistenza a trazione indiretta a 28 gg				da 0,25 a 0,50

3.2.2.1 PRODUZIONE DELLA MISCELA

Il misto granulare riciclato legato con cemento deve essere prodotto in impianti adeguati alle produzioni richieste e mantenuti in perfetto stato di funzionamento.

L'impianto utilizzato deve assicurare l'uniformità di produzione e la continua conformità alle caratteristiche definite nello studio preliminare della miscela. L'area destinata allo stoccaggio dei materiali costituenti deve essere confinata e priva di sostanze argillose e di ristagni d'acqua che possono comprometterne la pulizia e le caratteristiche definite. I cumuli dei materiali devono essere separati fra loro al fine di impedire una miscelazione delle classi. L'impianto deve essere dotato di un numero di predosatori pari al numero delle classi di aggregati utilizzati.

I cementi e gli additivi devono essere depositati in silos dedicati assicurando che non siano miscelati tipi di materiale costituente diversi per classe di resistenza o provenienza.

3.2.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

La miscela costipata in opera deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 39):

Tab. 39 – Caratteristiche dello strato in aggregato misto riciclato legato con cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della sovrastruttura.	CNR 146	M _D	MPa	> 150
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto

3.2.3.1 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

L'Impresa potrà procedere alla stesa della miscela successivamente alla verifica di accettazione del piano di posa da parte della DL. Eventuali anomalie della planarità superficiale o correzioni di pendenza devono essere ripristinate prima della posa della miscela.

Il piano di posa deve essere umido e, qualora l'Impresa dovesse procedere con la bagnatura della superficie, si deve evitare di creare uno strato fangoso.

La stesa verrà eseguita mediante macchine vibrofinitrici o livellatrici; l'addensamento dello strato deve essere effettuato con rulli a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t. Potranno essere impiegati, in alternativa, rulli misti, vibranti-gommati, comunque approvati dalla DL.

La posa in opera non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 4°C, superiori a 35°C e d in caso di pioggia. A discrezione della DL, l'Impresa potrà eseguire le lavorazioni a differenti temperature attivando tutte le misure necessarie per proteggere la miscela.

L'intervallo di tempo, tra l'introduzione dell'acqua nella miscela e la posa in opera non deve superare i 60 minuti. Qualora si dovesse procedere con la stesa di due strisciate affiancate, al fine di garantire la continuità alla struttura, il tempo intercorrente non deve superare le 2 ore.

Particolari accorgimenti devono essere adottati nella formazione dei giunti longitudinali che andranno protetti con fogli di polietilene o materiale simile. Il giunto di ripresa deve essere ottenuto terminando la stesa dello strato a ridosso di una tavola da rimuovere al momento della ripresa successiva. Non devono essere eseguiti altri giunti oltre a quelli di ripresa. Il transito di cantiere sullo strato posato potrà essere ammesso, limitatamente ai mezzi gommati, dopo 3 giorni dall'esecuzione. In ogni caso il tempo di maturazione non potrà essere mai inferiore a 72 ore.

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

Ultimate le fasi di costipamento e di rifinitura, al fine di assicurare la corretta maturazione del materiale, deve essere eseguita la spruzzatura di una mano di emulsione bituminosa cationica al 55% di bitume in ragione di 0,5 kg/m², comunque commisurata all'intensità del traffico di cantiere cui è sottoposto, ed eventualmente protetta mediante spargimento di sabbia.

3.3 MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO E BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)

Il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato è una miscela costituita da aggregati riciclati trattati con legante bituminoso e idraulico. In alternativa al bitume schiumato può essere utilizzata emulsione bituminosa sovrastabilizzata.

Il materiale è idoneo per l'esecuzione dello strato di fondazione/base di una sovrastruttura stradale. Di norma, sopra lo strato di fondazione/base devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (collegamento e usura). Lo strato realizzato con il materiale specificato è considerato come semirigido (con contenuto massimo di cemento) o flessibile (con contenuto minimo di cemento).

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

AML-R-BIT	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO E BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)
-----------	---

3.3.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione) è composto dai seguenti materiali costituenti:

- aggregati riciclati (provenienti dal trattamento dei rifiuti);
- eventuali aggregati naturali di integrazione;
- eventuale conglomerato bituminoso di recupero;
- legante idraulico (cemento);
- legante bituminoso (bitume schiumato o emulsione sovrastabilizzata);
- acqua;
- additivi.

3.3.1.1 AGGREGATI

Gli aggregati costituenti il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione) sono materie prime secondarie provenienti da processi di trattamento di rifiuti prodotti da attività di costruzione e demolizione e da attività industriali. Al fine di correggere la composizione e ottimizzare le caratteristiche tecniche del prodotto, è ammessa l'eventuale integrazione con una minima parte di materiali naturali di primo impiego. I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, sia riciclati che naturali di integrazione, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico".

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione secondo il sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 40):

Tab. 40 – Requisiti degli aggregati per il conglomerato bituminoso legato con cemento e bitume (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Equivalenti in sabbia (aggregati fini)	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	valore dichiarato
composizione /contenuto	UNI EN 932-3	-	-	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale	UNI EN 1744	S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)	UNI EN 1744	-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati	UNI EN 1744	V	%	≤ 5

3.3.1.2 CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO

Nella produzione della miscela di aggregato riciclato legato con bitume schiumato e cemento è ammesso l'utilizzo di conglomerato bituminoso di recupero (fresato) proveniente dalla demolizione di sovrastrutture stradali opportunamente ridotto nelle classi granulometriche idonee all'utilizzo.

Il Produttore deve qualificare il conglomerato bituminoso fresato determinando le caratteristiche comprese nella seguente tabella (Tab. 41):

Tab. 41 – Caratteristiche del cb di recupero (fresato) per il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato

3.3.1.3 LEGANTE (bitume schiumato)

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio appartenente alla classe di penetrazione 70/100, qualificato in conformità alla Norma UNI EN 12591. I requisiti del bitume ed i relativi metodi di prova sono indicati nella tabella seguente (Tab. 42)

Tab. 42 – Caratteristiche del bitume per il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 70 a 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	da 43 a 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13702-2	η	Pas	< 0,20
Solubilità	UNI EN 12592	-	%	≥ 99
CARATTERISTICHE DOPO INVECCHIAMENTO (RTFOT a 163°C secondo UNI EN 12607-1)				
Variazione di massa	UNI EN12607-1	M	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	P	%	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≤ 10

La schiumatura del bitume si ottiene mediante l'introduzione controllata di acqua che provoca l'espansione del bitume stesso.

Le caratteristiche di espansione del bitume, determinate in un campo di temperatura (prima dell'espansione) variabile tra 170°C e 190 °C e con percentuali di acqua compresa tra 1% e 4% in peso sul bitume, devono essere le seguenti:

- rapporto di espansione ≥ 20;
- tempo di semitrasformazione (tempo in cui si dimezza l'espansione) ≥ 25 secondi.

3.3.1.4 LEGANTE (emulsione bituminosa)

In alternativa al bitume schiumato può essere utilizzata l'emulsione bituminosa sovrastabilizzata. I requisiti dell'emulsione bituminosa ed i relativi metodi di prova sono indicate nella tabella seguente (Tab. 43):

Tab. 43 – Caratteristiche dell'emulsione bituminosa sovrastabilizzata per il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Polarità	UNI EN 1430	-	-	positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di legante recuperato	UNI EN 1431	r	%	60 ±2
Omogeneità	UNI EN 1429	R _{0,500}	%	≤ 0,2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
Grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Stabilità con cemento	UNI EN 12848	Sc	g	< 2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO (UNI EN 1431)				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	-	°C	≥ 45
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	-	°C	≤ -8

3.3.1.5 LEGANTE (cemento)

Il cemento utilizzato deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1;
- ENV 13282 "Leganti idraulici per impieghi stradali".

Il cemento deve avere classe di resistenza maggiore o uguale a 22,5 N ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 1+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

3.3.1.6 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

3.3.2 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

La miscela degli aggregati impiegati per il confezionamento del misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione) deve avere la composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 933-1, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella (Tab. 44):

Tab. 44 – Composizione granulometrica della miscela legata a cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	LIMITI	
				min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	mm		
			63	100	100
			40	94	100
			20	78	100
			14	62	88
			8	44	72
			4	28	54
			2	22	40
			0,25	5	18
0.063	4	10			

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare della miscela che intende utilizzare (mix design), indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale rispetto alla massa totale della miscela secca (aggregati + cemento + legante bituminoso = 100%).

deve

Le percentuali dei singoli materiali costituenti (aggregati riciclati e naturali, cemento, bitume o emulsione bituminosa, acqua,) devono essere determinate sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di provini confezionati secondo il metodo di compattazione con pressa giratoria secondo la norma UNI EN 12697-31 con contenuto variabile di cemento (1,0% - 2,0% - 3,0%), di legante (2,5% - 3,5%- 4,5%) e di acqua (4,5% - 5,5% - 6,5%).

Le condizioni di prova per la preparazione dei provini mediante Pressa giratoria sono:

- angolo di rotazione: 1,25° +0,02°;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: mm 150;
- giri: n° 180;
- peso del campione (comprensivo di legante bituminoso, cemento ed acqua): g 4 500.

I provini devono essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di legante bituminoso, cemento ed acqua, come indicato nella tabella seguente (Tab. 45):

Tab. 45 – Caratteristiche dei provini

CARATTERISTICA	DOSAGGI								
	1,0			2,0			3,0		
Contenuto di cemento (%)									
Contenuto di legante bituminoso (%)	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5
Contenuto di acqua % (oltre acqua dell'emulsione)	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

La composizione del misto granulare legato a cemento e bitume (o emulsione) è validata mediante studio preliminare accettato dalla DL.

La miscela di misto granulare riciclato legato con cemento e bitume (o emulsione) deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab. 46):

Tab. 46 – Caratteristiche della miscela di aggregati riciclati legati con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3 000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5

I provini devono essere sottoposti a maturazione per 72 ore a 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazi one di 4 ore a 20°C).

3.3.2.1 PRODUZIONE DELLA MISCELA

Il misto granulare riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione) deve essere prodotto in impianti adeguati alle produzioni richieste e mantenuti in perfetto stato di funzionamento.

L'impianto utilizzato deve assicurare l'uniformità di produzione e la continua conformità alle caratteristiche definite nello studio preliminare della miscela. L'area destinata allo stoccaggio dei materiali costituenti deve essere confinata e priva di sostanze argillose e di ristagni d'acqua che possono comprometterne la pulizia e le caratteristiche definite. I cumuli dei materiali devono essere separati fra loro al fine di impedire una miscelazione delle classi. L'impianto deve essere dotato di un numero di predosatori pari al numero delle classi di aggregati utilizzati.

I cementi e gli additivi devono essere depositati in silos dedicati assicurando che non siano miscelati tipi di materiale costituente diversi per classe di resistenza o provenienza.

3.3.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

Lo strato di fondazione/base costituito dalla miscela di aggregato misto riciclato legato con bitume schiumato (o emulsione bituminosa) deve avere le caratteristiche di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 47):

Tab. 47 – Caratteristiche di portanza dello strato in aggregato misto riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 150

Le caratteristiche volumetriche e di addensamento della miscela in opera sono determinate secondo il metodo del grado di compattazione, in conformità ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 48):

Tab. 48 – Caratteristiche volumetriche dello strato in aggregato misto riciclato legato con cemento e bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Grado di compattazione (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	-	%	> 95
Grado di compattazione (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	-	%	> 98
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).				

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera devono avere diametro di mm 150.

3.3.3.1 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

L'Impresa potrà procedere alla stesa della miscela successivamente alla verifica di accettazione del piano di posa da parte della DL. Eventuali anomalie della planarità superficiale o correzioni di pendenza devono essere ripristinate prima della posa della miscela.

La miscela deve essere rapidamente stesa mediante macchine vibro finitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La miscela stesa deve essere immediatamente compattata mediante l'impiego di un rullo gommato e di un rullo con cilindri metallici (o semigommato) con peso superiore a 18 t per ogni rullo; la fase di compattazione deve essere condotta fino a completa rottura dell'emulsione.

È consigliato l'utilizzo di un sistema di misura della compattazione direttamente installato sul rullo per la verifica in continuo dell'addensamento (compattometro).

La posa in opera non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 8°C (con bitume schiumato) o 4°C (con emulsione bituminosa) e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

3.4 CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO

Il conglomerato bituminoso riciclato a freddo è costituito da una miscela di conglomerato bituminoso di recupero, proveniente dalla demolizione di pavimentazioni, miscelato a freddo e legato con emulsione bituminosa modificata e cemento ed è idoneo per l'esecuzione dello strato di base di una sovrastruttura stradale. Di norma, sopra lo strato di base devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (collegamento e usura). Tale sovrastruttura è considerata flessibile.

Il prodotto è designato secondo la seguente dicitura:

CB - R	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO
--------	--

3.4.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

Il misto granulare riciclato legato con cemento è composto dai seguenti materiali costituenti:

- conglomerato bituminoso di recupero;
- eventuali aggregati di integrazione;
- legante bituminoso (emulsione bituminosa modificata);
- cemento;
- acqua

3.4.1.1 CONGLOMERATO BITUMINOSO DI RECUPERO

Il conglomerato bituminoso di recupero comprende il solo conglomerato bituminoso recuperato dalle pavimentazioni stradali mediante operazioni di fresatura (fresatrice operante a freddo) o mediante frantumazione dei blocchi provenienti dalla demolizione meccanica (escavatore, martello demolitore).

Il conglomerato bituminoso di recupero è specificato e classificato sulla base della Norma UNI EN 13108-8 che descrive le modalità di accertamento delle caratteristiche del materiale a cumulo.

In ogni caso, il Produttore deve qualificare il conglomerato bituminoso di recupero determinando le caratteristiche comprese nella seguente tabella (Tab. 49):

Tab. 49 – Caratteristiche del conglomerato bituminoso di recupero impiegato per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	D_{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato

3.4.1.2 AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

Qualora la composizione granulometrica non rientrasse nei limiti di accettazione previsti, il Produttore deve intervenire mediante l'aggiunta di aggregati per integrazione. Tali aggregati possono essere materiali riciclati provenienti da impianti di trattamento dei rifiuti ovvero materiali di origine naturale opportunamente lavorati.

I requisiti di accettazione degli aggregati impiegati, sia riciclati che naturali di integrazione, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 13043 "Aggregati per miscele bituminose e trattamenti superficiali per strade, aeroporti e altre aree soggette a traffico".

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione secondo il sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 50):

Tab. 50 – Requisiti degli aggregati di integrazione per il conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valori dichiarati
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Equivalente in sabbia (aggregati fini)	UNI EN 933-8	SE	%	> 50
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale	UNI EN 1744	S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)	UNI EN 1744	-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati	UNI EN 1744	V	%	≤ 5

3.4.1.3 LEGANTE (emulsione bituminosa modificata)

Il legante del conglomerato bituminoso riciclato a freddo è composto dal legante presente nel conglomerato di recupero e, in aggiunta, da emulsione di bitume modificato.

L'emulsione bituminosa deve essere cationica a rottura lenta con il 60% di bitume residuo designata secondo la norma UNI EN 13808 (C 60 BPO 6) e rispondente ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 51):

Tab. 51 – Caratteristiche dell'emulsione bituminosa modificata per il conglomerato bituminoso riciclato

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Polarità	UNI EN 1430	-	-	Positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di bitume	UNI EN 1428	r	%	60 ±2
Sedimentazione a 7gg	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO				
Penetrazione a 25 °C	UNI EN1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≥ 60
Punto di rottura (Frass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -13
Ritorno elastico a 25 °C	UNI EN 13398	Re	%	≥ 50

3.4.1.4 CEMENTO

L'impiego di emulsione bituminosa come legante presuppone l'aggiunta di cemento con funzione di additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

Il cemento utilizzato deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1;
- ENV 13282 "Leganti idraulici per impieghi stradali".

Il cemento deve avere classe di resistenza maggiore o uguale a 22,5 N ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 1+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

3.4.1.5 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

3.4.2 CARATTERISTICHE DEL PRODOTTO

La miscela degli aggregati impiegati per la produzione del conglomerato bituminoso riciclato, comprensiva del conglomerato bituminoso di recupero e degli eventuali aggregati di integrazione, deve avere la

composizione granulometrica, determinata in conformità alla norma UNI EN 933-1, compresa nei limiti del fuso riportato nella seguente tabella (Tab. 52):

Tab. 52 – Composizioni granulometriche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	NORMA	UM	SETACCIO	LIMITI	
				min	max
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	mm		
			40	100	100
			31,5	90	100
			20	68	90
			12,5	53	78
			6,3	36	60
			4	28	48
			2	18	36
			0,5	8	21
			0,063	3	7

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare della miscela che intende utilizzare (mix design), indicando la composizione granulometrica ottimale e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale rispetto alla massa totale della miscela secca (conglomerato di recupero + aggregati + legante + = 100%).

deve

Le percentuali dei singoli materiali costituenti (emulsione bituminosa, cemento,) devono essere determinate sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di provini confezionati secondo il metodo di compattazione con pressa giratoria secondo la norma UNI EN 12697-31 con contenuto variabile di cemento (1,5% - 2,0% - 2,5%), di emulsione bituminosa (2,5% - 3,5%- 4,5%) e di acqua (4,5% - 5,5% - 6,5%).

Le condizioni di prova per la preparazione dei provini mediante Pressa giratoria sono:

- angolo di rotazione: 1,25°+0,02°;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: mm 150;
- giri: n° 180;
- peso del campione (comprensivo di emulsione, cemento ed acqua): g 4 500.

I provini devono essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di legante bituminoso, cemento ed acqua, come indicato nella tabella seguente (Tab. 53):

Tab. 53 – Caratteristiche dei provini

CARATTERISTICA	DOSAGGI								
	1,5			2,0			2,5		
Contenuto di cemento (%)									
Contenuto di emulsione bituminosa (%)	2,5	2,5	2,5	3,5	3,5	3,5	4,5	4,5	4,5
Contenuto di acqua oltre all'acqua dell'emulsione (%)	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

La composizione del conglomerato bituminoso riciclato a freddo è validata mediante studio preliminare accettato dalla DL.

La miscela di conglomerato bituminoso riciclato a freddo deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab. 54):

Tab. 54 – Caratteristiche del conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3 000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5

I provini devono essere sottoposti a maturazione per 72 ore a 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazi one di 4 ore a 20°C).

3.4.2.1 PRODUZIONE DELLA MISCELA

Il conglomerato bituminoso riciclato deve essere prodotto in impianti adeguati alle produzioni richieste e mantenuti in perfetto stato di funzionamento. L'impianto può essere posizionato presso uno stabilimento di trattamento dei rifiuti o nelle vicinanze del cantiere di posa purché dotato delle necessarie autorizzazioni rilasciate dagli enti competenti.

L'impianto utilizzato deve assicurare l'uniformità di produzione e la continua conformità alle caratteristiche definite nello studio preliminare della miscela. L'area destinata allo stoccaggio dei materiali costituenti deve essere confinata e priva di sostanze argillose e di ristagni d'acqua che possono comprometterne la pulizia e le caratteristiche definite. I cumuli dei materiali devono essere separati fra loro al fine di impedire una miscelazione delle classi. L'impianto deve essere dotato di un numero di predosatori pari al numero delle classi di aggregati utilizzati.

3.4.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

La miscela costipata in opera deve avere le caratteristiche di portanza e volumetriche (grado di addensamento) conformi ai requisiti riportati nelle seguenti tabelle (Tab. 55 e Tab. 56):

Tab. 55 – Caratteristiche di portanza dello strato in conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 120

Tab. 56 – Caratteristiche volumetriche dello strato in conglomerato bituminoso riciclato a freddo

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Grado di compattazione (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	-	%	> 95
Grado di compattazione (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	-	%	> 98
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).				

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera devono avere diametro di mm 150.

3.4.3.1 POSA IN OPERA DELLA MISCELA

L'Impresa potrà procedere alla stesa della miscela successivamente alla verifica di accettazione del piano di posa da parte della DL. Eventuali anomalie della planarità superficiale o correzioni di pendenza devono essere ripristinate prima della posa della miscela.

La miscela deve essere rapidamente stesa mediante macchine vibro finitrici in perfetto stato di efficienza e dotate di automatismi di autolivellamento.

La miscela stesa deve essere immediatamente compattata mediante l'impiego di un rullo gommato e da un rullo con cilindri metallici (o semigommato) con peso superiore a 18 t per ogni rullo; la fase di compattazione deve essere condotta fino a completa rottura dell'emulsione.

È consigliato l'utilizzo di un sistema di misura della compattazione direttamente installato sul rullo per la verifica in continuo dell'addensamento (compattometro).

La posa in opera non deve essere eseguita con temperature ambiente inferiori a 4°C e comunque quando le condizioni meteorologiche generali possono pregiudicare la perfetta riuscita del lavoro.

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

4 OPERE DI STABILIZZAZIONE

Il presente capitolo descrive le specifiche di lavorazione *in situ* delle opere di stabilizzazione dei sottofondi stradali esistenti.

Sulla base delle specifiche esigenze e delle caratteristiche dei luoghi e dei materiali interessati dalle opere da realizzare, il Progettista potrà prevedere l'impiego di tecnologie basate sul miglioramento delle prestazioni dei materiali già presenti nel cantiere come, ad esempio, terreni naturali con insufficienti caratteristiche di portanza o pavimentazioni in conglomerato bituminoso degradate.

Le tecnologie descritte sono applicabili in cantieri stradali per lavori di manutenzione straordinaria o di nuova costruzione e consentono di migliorare le prestazioni geotecniche dei materiali già presenti, in situ, altrimenti destinati a rimozione e conferimento ad impianti di recupero e trattamento o di smaltimento.

La seguente tabella (Tab. 57) riporta la designazione delle singole lavorazioni, il legante utilizzato e l'impiego nella sovrastruttura stradale:

Tab. 57 – Elenco delle opere di stabilizzazione

CODICE	LAVORAZIONE	LEGANTE	IMPIEGO
STAB - CEM	Stabilizzazione a cemento	Idraulico (cemento)	Fondazioni stradali (la lavorazione interessa il terreno di appoggio dello strato di base/binder della pavimentazione)
STAB - CAL	Stabilizzazione a calce	Idraulico (calce)	
STAB - BIT	Stabilizzazione a bitume (o emulsione)	Bituminoso (bitume schiumato o emulsione)	Strati di base (la lavorazione interessa la parte della sovrastruttura sulla quale viene successivamente steso lo strato di binder)

Sulla base delle caratteristiche dei luoghi, delle proprietà geotecniche dei materiali presenti ed in funzione delle prestazioni richieste, il Progettista deve individuare la lavorazione più idonea e dimensionare correttamente la profondità di intervento e lo spessore degli strati.

Di norma, ai fini della durata nel tempo della sovrastruttura, sopra gli strati stabilizzati devono essere posizionati lo strato di collegamento in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (binder) ed il successivo strato superficiale (usura).

Nell'Allegato C delle presenti Norme tecniche sono riportate le schede tecniche delle opere di stabilizzazione che sintetizzano i requisiti specifici di ogni lavorazione.

4.1 ACCETTAZIONE E VALIDAZIONE DELLE LAVORAZIONI

I lavori di stabilizzazione e rigenerazione presuppongono la conoscenza approfondita delle caratteristiche tecniche dei materiali presenti, al fine di elaborare la corretta miscelazione dei leganti da utilizzare e dei materiali di integrazione eventualmente necessari.

Pertanto, prima della progettazione esecutiva è necessario effettuare una serie di campionature dei materiali esistenti da sottoporre ad analisi per accertarne la composizione e le caratteristiche tecniche. Tale fase è indispensabile perché consente di individuare la lavorazione ottimale, il tipo di legante, e le caratteristiche dei materiali eventualmente necessari per migliorare la composizione granulometrica e/o la portanza degli strati.

Attualmente, le norme di riferimento sono:

- UNI EN 14227-10 “Terreno trattato con cemento”.
- UNI EN 14227-11 “Terreno trattato con calce”.

In particolare, i requisiti di accettazione delle opere di stabilizzazione sono riportati nelle singole specifiche tecniche.

Gli aggregati riciclati eventualmente utilizzati ad integrazione dei terreni esistenti devono provenire da impianti per la produzione di materie prime secondarie per l'edilizia, regolarmente autorizzati in conformità alla normativa vigente (d.lgs. 3 aprile 2006 n.152).

Ove possibile e per cantieri di grandi dimensioni, deve essere predisposto un campo prove per sperimentare, in vera grandezza, i materiali e le lavorazioni, così da definire le modalità esecutive ed i dosaggi dei materiali. Le lavorazioni effettuate nel campo prove sono sottoposte ad analisi per accertare la conformità e validare il procedimento di lavorazione.

Prima dell'esecuzione delle lavorazioni, l'Impresa deve consegnare alla DL la seguente documentazione in corso di validità:

- rapporti di prova per la verifica di conformità ai requisiti previsti dalle presenti Prescrizioni tecniche per i materiali costituenti;
- composizione ottimale delle miscele (mix design) e relativi rapporti di prova per la verifica di conformità alle presenti Prescrizioni tecniche;
- Dichiarazione di Conformità CE relativa ai materiali costituenti ed ai prodotti, ove applicabile;
- Caratterizzazione dei materiali esistenti da sottoporre a stabilizzazione finalizzata ad accertare la potenziale pericolosità.

L'Impresa potrà impiegare esclusivamente i prodotti approvati dalla DL.

In ogni caso, i materiali e le forniture da impiegare nella realizzazione delle opere devono rispondere alle prescrizioni contrattuali ed in particolare alle indicazioni del progetto esecutivo e possedere le caratteristiche stabilite dalle leggi, dai regolamenti, dalle Norme armonizzate, ove applicabili, e dalle norme UNI vigenti in materia, anche se non espressamente richiamate nelle presenti Norme tecniche.

4.2 STABILIZZAZIONE A CEMENTO

La stabilizzazione a cemento consiste nella miscelazione del materiale esistente con legante idraulico (cemento), acqua ed eventuali aggregati di integrazione.

La tecnologia della stabilizzazione a cemento viene impiegata per modificare le proprietà del materiale esistente aumentandone la capacità portante, mantenendo nel tempo le caratteristiche meccaniche e rendendo stabile lo strato alle azioni dell'acqua e del gelo. Di norma, sopra il materiale sottoposto a stabilizzazione devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (base e/o collegamento e usura).

La lavorazione è designata secondo la seguente dicitura:

STAB - CEM	STABILIZZAZIONE A CEMENTO
------------	---------------------------

Le specifiche di qualificazione dei materiali sono descritte nella norma UNI EN 14227-10 "Terreno trattato con cemento".

4.2.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

La stabilizzazione a cemento prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- materiale esistente in situ;
- legante idraulico (cemento);
- aggregati di integrazione (eventualmente necessari);
- acqua.

Nei paragrafi seguenti sono riportati requisiti dei singoli materiali costituenti.

4.2.1.1 MATERIALE ESISTENTE

Il materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione è costituito dal terreno di sottofondo. Nel caso di interventi di manutenzione, il Progettista può disporre di mantenere in situ anche parte della pavimentazione esistente in conglomerato bituminoso al fine di migliorare le prestazioni tecniche dello strato.

Il materiale da stabilizzare a cemento deve essere sottoposto ad accertamento delle caratteristiche sulla base dei requisiti minimi indicati nella tabella seguente (Tab. 58):

Tab. 58 – Caratteristiche del materiale da stabilizzare a cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95
Diametro massimo		Dmax	mm	valore dichiarato
Composizione granulometrica		d/D	mm	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Contenuto di materiale organico		-	%	≤ 2
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti

Il Produttore deve accertare la non pericolosità del materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione. Nel caso in cui il progetto preveda di sottoporre a trattamento di stabilizzazione anche lo strato della pavimentazione in conglomerato bituminoso, la verifica della non pericolosità deve essere condotta separatamente (terreno e conglomerato bituminoso).

4.2.1.2 LEGANTE

Il cemento utilizzato deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA delle Norme armonizzate UNI EN 197-1 e UNI EN 197-4;
- ENV 13282 “Leganti idraulici per impieghi stradali”.

Il cemento deve avere classe di resistenza maggiore o uguale a 22,5 N ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 1+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

4.2.1.3 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

4.2.1.4 AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

Al fine di correggere la composizione per favorire il massimo addensamento ed ottimizzare le caratteristiche tecniche del prodotto finale, è ammessa l'eventuale integrazione con una minima parte di aggregati. I requisiti di accettazione degli aggregati, sia riciclati che naturali, impiegati per la correzione delle caratteristiche, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- 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”.

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 59):

Tab. 59 – Requisiti degli aggregati di integrazione per la stabilizzazione a cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	Valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	≤ 5
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

4.2.2 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE “STABILIZZATO”

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare per definire la composizione ottimale (mix design) della miscela che intende riprodurre in opera mediante il procedimento di stabilizzazione indicando la composizione granulometrica e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale rispetto alla massa totale della miscela secca (materiale esistente + eventuali aggregati di integrazione + cemento = 100%).

Lo studio preliminare sulla miscela ottimale 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).

Il contenuto d'acqua e di cemento deve essere determinato per favorire il massimo addensamento in fase di lavorazione e per ottimizzare le proprietà meccaniche della miscela (UNI EN 13286-1). In ogni caso il contenuto di cemento deve essere superiore al 2,0%.

Le condizioni di prova per la preparazione dei provini mediante Pressa giratoria sono:

- angolo di rotazione: 1,25°+0,02°;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: mm 150;
- giri: n° 180;
- peso del campione (comprensivo di emulsione, cemento ed acqua): g 4 500.

I provini devono essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati), cemento e di acqua, come indicato nella tabella seguente (Tab. 60):

Tab. 60 – Caratteristiche dei provini

CARATTERISTICA	DOSAGGI								
	2,0			3,0			4,0		
Contenuto di cemento (%)	2,0			3,0			4,0		
Contenuto di acqua (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

La miscela relativa al materiale stabilizzato a cemento deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab. 61):

Tab. 61 – Caratteristiche della miscela stabilizzata a cemento

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Indice di portanza	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 50
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti percent.	< 5
Resistenza a compressione a 7 gg	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,0 a 3,5
Resistenza a compressione a 28 gg				da 2,5 a 5,0
Resistenza a trazione indiretta a 7 gg	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,2 a 0,35
Resistenza a trazione indiretta a 28 gg				da 0,25 a 0,50

4.2.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

Il materiale stabilizzato a cemento deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 62):

Tab. 62 – Caratteristiche del materiale stabilizzato a cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 120
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto

4.2.3.1 ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE

La superficie dello strato da stabilizzare deve essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nel progetto esecutivo. Prima della lavorazione è opportuno effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di eventuali zone compressibili da bonificare secondo le indicazioni fornite dalla DL.

L'operazione di miscelazione in situ deve essere preceduta dalla fase di frantumazione del materiale esistente fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive con la macchina operatrice (fresatrice-stabilizzatrice) fino ad ottenere grumi di materiale della dimensione massima di 40 mm.

La macchina deve trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Deve essere fornita una chiara indicazione visiva della profondità di lavorazione.

Terminata l'operazione si deve determinare l'umidità del materiale in situ eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità. Sono considerati soddisfacenti i valori di umidità con uno scostamento inferiore a 5% rispetto all'umidità ottimale. In presenza di valori di umidità troppo elevati si procederà, in accordo con la DL, ad una nuova lavorazione del materiale. L'aggiunta di cemento non potrà essere effettuata se l'umidità della terra non rientrerà nei limiti prescritti.

La posa in opera del cemento è eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico, regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento è sospesa quando la presenza di vento non permetta di garantire la sicurezza del personale operante ed il corretto dosaggio del legante.

Lo spandimento del cemento deve interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere trattata nella stessa giornata lavorativa.

Entro 2 ore dalla stesa del cemento si procederà alla miscelazione che deve essere realizzata con 2 o più passate della macchina stabilizzatrice. Il miscelatore deve essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare strati di almeno 30 - 40 cm di profondità.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento è eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione.

La miscelazione deve garantire che le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui il materiale passi, per almeno il 95%, al setaccio da 63 mm.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti lavorati devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata deve essere ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

Il piano deve avere le pendenze trasversali e longitudinali previste dal progetto esecutivo e, se necessario, deve essere impiegata una livellatrice (grader) per assicurare la planarità superficiale.

L'addensamento dello strato deve essere effettuato con rulli a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t. Potranno essere impiegati, in alternativa, rulli misti, vibranti-gommati comunque approvati dalla DL.

Le opere di stabilizzazione non devono essere eseguite con temperature ambiente inferiori a 4°C, superiori a 35°C ed in caso di pioggia.

Ultimate le fasi di costipamento e di rifinitura, al fine di assicurare la corretta maturazione del materiale, deve essere eseguita la spruzzatura di una mano di emulsione bituminosa cationica al 55% di bitume in ragione di 1,2 kg/m², comunque commisurata all'intensità del traffico di cantiere cui è sottoposto ed eventualmente protetta mediante spargimento di sabbia.

Il tempo di maturazione dello strato sottoposto a stabilizzazione non deve essere inferiore a 72 ore.

4.3 STABILIZZAZIONE A CALCE

La stabilizzazione a calce consiste nella miscelazione del materiale esistente con legante idraulico (calce), acqua ed eventuali aggregati di integrazione.

La tecnologia della stabilizzazione a calce viene impiegata per migliorare le proprietà del materiale esistente aumentandone la capacità portante, mantenendo nel tempo le caratteristiche meccaniche e rendendo stabile lo strato alle azioni dell'acqua e del gelo. Di norma, sopra il materiale sottoposto a stabilizzazione devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (base e/o collegamento e usura).

La lavorazione è designata secondo la seguente dicitura:

STAB - CAL	STABILIZZAZIONE A CALCE
------------	-------------------------

Le specifiche di qualificazione dei materiali sono descritte nella norma UNI EN 14227-11 "Terreno trattato con calce".

4.3.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

La stabilizzazione a calce prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- materiale esistente in situ;
- legante idraulico (calce);
- aggregati di integrazione (eventualmente necessari);
- acqua.

Nei paragrafi seguenti sono riportati requisiti dei singoli materiali costituenti.

4.3.1.1 MATERIALE ESISTENTE

Il materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione è costituito dal terreno di sottofondo. Nel caso di interventi di manutenzione, il Progettista può disporre di mantenere in situ anche parte della pavimentazione esistente in conglomerato bituminoso al fine di migliorare le prestazioni tecniche dello strato.

Il materiale da stabilizzare a calce deve essere sottoposto ad accertamento delle caratteristiche sulla base dei requisiti minimi indicati nella tabella seguente (Tab. 63):

Tab. 63 – Caratteristiche del materiale da stabilizzare a calce

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95
Diametro massimo		Dmax	mm	valore dichiarato
Composizione granulometrica		d/D	mm	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Contenuto di materiale organico		-	%	≤ 3
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti

Il Produttore deve accertare la non pericolosità del materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione. Nel caso in cui il progetto preveda di sottoporre a trattamento di stabilizzazione anche lo strato della pavimentazione in conglomerato bituminoso, la verifica della non pericolosità deve essere condotta separatamente (terreno e conglomerato bituminoso).

4.3.1.2 LEGANTE

La calce utilizzata deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme qualificata in conformità alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA delle Norme armonizzate UNI EN 459-1;

La calce impiegata deve essere delle classi CL 90 o CL 80 ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 2 (Certificazione di un Organismo Notificato).

È preferibile l'utilizzo di "calce viva", rispetto alla calce idraulica o idrata.

4.3.1.3 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

4.3.1.4 AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

Al fine di correggere la composizione per favorire il massimo addensamento ed ottimizzare le caratteristiche tecniche del prodotto finale, è ammessa l'eventuale integrazione con una minima parte di aggregati. I requisiti di accettazione degli aggregati, sia riciclati che naturali, impiegati per la correzione delle caratteristiche, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- 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".

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 64):

Tab. 64 – Requisiti degli aggregati di integrazione per la stabilizzazione a calce

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	Valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	≤ 5
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

4.3.2 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE “STABILIZZATO”

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare per definire la composizione ottimale (mix design) della miscela che intende riprodurre in opera mediante il procedimento di stabilizzazione indicando la

composizione granulometrica e le quantità dei materiali costituenti espresse in percentuale rispetto alla massa totale della miscela secca (materiale esistente + eventuali aggregati di integrazione + calce = 100%).

Lo studio preliminare sulla miscela ottimale 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).

Il contenuto d'acqua e di calce deve essere determinato per favorire il massimo addensamento in fase di lavorazione e per ottimizzare le proprietà meccaniche della miscela (UNI EN 13286-1). In ogni caso, il contenuto di calce deve essere maggiore di 2,0 %.

Le condizioni di prova per la preparazione dei provini mediante Pressa giratoria sono:

- angolo di rotazione: $1,25^{\circ} + 0,02^{\circ}$;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: mm 150;
- giri: n° 180;
- peso del campione (comprensivo di emulsione, cemento ed acqua): g 4 500.

I provini devono essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di calce e di acqua, come indicato nella tabella seguente (Tab. 65):

Tab. 65 – Caratteristiche dei provini

CARATTERISTICA	DOSAGGI								
	2,0			3,0			4,0		
Contenuto di calce (%)									
Contenuto di acqua (%)	5	6	7	5	6	7	5	6	7
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

La miscela relativa al materiale stabilizzato con calce deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab. 66):

Tab. 66 – Caratteristiche della miscela stabilizzata a calce

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Indice di portanza	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 30
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti percent.	< 5
Resistenza a compressione a 7 gg	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	≥ 0,7
Resistenza a compressione a 28 gg				≥ 2,0

4.3.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

Il materiale stabilizzato a calce deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 67):

Tab. 67 – Caratteristiche del terreno stabilizzato a calce

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 80
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto

4.3.3.1 ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE

La superficie dello strato da stabilizzare deve essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nel progetto esecutivo. Prima della lavorazione è opportuno effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di eventuali zone compressibili da bonificare secondo le indicazioni fornite dalla DL.

L'operazione di miscelazione in situ deve essere preceduta dalla fase di frantumazione del materiale esistente fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive con la macchina operatrice (fresatrice-stabilizzatrice) fino ad ottenere grumi di materiale della dimensione massima di 40 mm.

La macchina deve trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Deve essere fornita una chiara indicazione visiva della profondità di lavorazione.

Terminata l'operazione si deve determinare l'umidità del materiale in situ eseguendo le verifiche in più punti ed a più profondità. Sono considerati soddisfacenti valori di umidità con uno scostamento inferiore a 5% rispetto all'umidità ottimale. In presenza di valori di umidità troppo elevati si procederà, in accordo con la DL ad una nuova lavorazione del materiale. L'aggiunta di calce non potrà essere effettuata se l'umidità della terra non rientrerà nei limiti prescritti.

La posa in opera della calce è eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento è sospesa quando la presenza di vento non permetta di garantire la sicurezza del personale operante ed il corretto dosaggio del legante.

Lo spandimento della calce deve interessare una superficie non superiore a quella che potrà essere trattata nella stessa giornata lavorativa.

Entro 2 ore dalla stesa della calce si procederà alla miscelazione che deve essere realizzata con 2 o più passate della macchina stabilizzatrice. Il miscelatore deve essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare strati di almeno 30-40 cm di profondità.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento è eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione.

La miscelazione deve garantire che le zolle siano state ridotte a dimensioni tali per cui il materiale passi interamente al setaccio di 31,5 mm e per almeno il 50% al setaccio da 4 mm.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti

per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti lavorati devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata deve essere ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di calce, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

Il piano deve avere le pendenze trasversali e longitudinali previste dal progetto esecutivo e, se necessario, deve essere impiegata una livellatrice (grader) per assicurare la planarità superficiale.

L'addensamento dello strato deve essere effettuato con rulli a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t. Potranno essere impiegati, in alternativa, rulli misti, vibranti-gommati comunque approvati dalla DL.

Le opere di stabilizzazione non devono essere eseguite con temperature ambiente inferiori a 4°C, superiori a 35°C ed in caso di pioggia.

Ultimate le fasi di costipamento e di rifinitura, al fine di assicurare la corretta maturazione del materiale, deve essere eseguita la spruzzatura di una mano di emulsione bituminosa cationica al 55% di bitume in ragione di 1,2 kg/m², comunque commisurata all'intensità del traffico di cantiere cui è sottoposto ed eventualmente protetta mediante spargimento di sabbia.

4.4 STABILIZZAZIONE A BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)

La stabilizzazione a bitume schiumato consiste nella miscelazione del materiale esistente con legante idraulico (cemento), legante bituminoso (bitume schiumato) acqua ed eventuali aggregati di integrazione. In alternativa al bitume schiumato può essere utilizzata l'emulsione bituminosa.

La tecnologia della stabilizzazione a bitume schiumato viene impiegata per modificare le proprietà del materiale esistente aumentandone la capacità portante, mantenendo nel tempo le caratteristiche meccaniche e rendendo stabile lo strato alle azioni dell'acqua e del gelo. Di norma, sopra il materiale sottoposto a stabilizzazione devono essere posizionati gli strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso prodotto a caldo (base e/o collegamento e usura).

La lavorazione è designata secondo la seguente dicitura:

STAB - BIT	STABILIZZAZIONE A BITUME SCHIUMATO
------------	------------------------------------

4.4.1 REQUISITI DEI MATERIALI COSTITUENTI

La stabilizzazione a bitume schiumato (o emulsione bituminosa) prevede l'utilizzo dei seguenti materiali:

- materiale esistente;
- conglomerato bituminoso di recupero;
- aggregati di integrazione (eventualmente necessari);
- legante bituminoso (bitume schiumato o emulsione bituminosa);
- cemento;
- acqua.

Nei paragrafi seguenti sono riportati requisiti dei singoli materiali costituenti.

4.4.1.1 MATERIALE ESISTENTE

Il materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione è costituito dal terreno di sottofondo. Nel caso di interventi di manutenzione, il Progettista può disporre di mantenere in situ anche parte della pavimentazione esistente in conglomerato bituminoso al fine di migliorare le prestazioni tecniche dello strato.

Il materiale da stabilizzare a bitume schiumato deve essere sottoposto ad accertamento delle caratteristiche sulla base dei requisiti minimi indicati nella seguente tabella (Tab. 68):

Tab. 68 – Caratteristiche del materiale da stabilizzare a bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95
Diametro massimo		Dmax	mm	valore dichiarato
Composizione granulometrica		d/D	mm	valore dichiarato
Contenuto di materiale organico		-	%	≤ 2

Il Produttore deve accertare la non pericolosità del materiale esistente da sottoporre a stabilizzazione. Nel caso in cui il progetto preveda di sottoporre a trattamento di stabilizzazione anche lo strato della pavimentazione in conglomerato bituminoso, la verifica della non pericolosità deve essere condotta separatamente (terreno e conglomerato bituminoso).

4.4.1.2 LEGANTE (bitume schiumato)

Il legante deve essere costituito da bitume semisolido per applicazioni stradali ottenuto dai processi di raffinazione del petrolio greggio appartenente alla classe di penetrazione 70/100, definita dalla UNI EN 12591. I requisiti del bitume ed i relativi metodi di prova sono indicate nella tabella seguente (Tab. 69):

Tab. 69 – Caratteristiche del bitume per la stabilizzazione a bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 70 a 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	da 43 a 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13702-2	η	Pas	< 0,20
Solubilità	UNI EN 12592		%	≥ 99
CARATTERISTICHE DOPO INVECCHIAMENTO (RTFOT a 163°C secondo UNI EN 12607-1)				
Variazione di massa	UNI EN12607-1	M	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	P	%	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≤ 10

La schiumatura del bitume si ottiene mediante l'introduzione controllata di acqua che provoca l'espansione del bitume stesso.

Le caratteristiche di espansione del bitume, determinate in un campo di temperatura (prima dell'espansione) variabile tra 170°C e 190 °C e con percentuali di acqua compresa tra 1% e 4% in peso sul bitume, devono essere le seguenti:

- rapporto di espansione ≥ 20;
- tempo di semitrasformazione (tempo in cui si dimezza l'espansione) ≥ 25 secondi.

4.4.1.3 LEGANTE (emulsione bituminosa)

In alternativa al bitume schiumato può essere utilizzata l'emulsione bituminosa sovrastabilizzata. I requisiti dell'emulsione bituminosa ed i relativi metodi di prova sono indicate nella tabella seguente (Tab. 70):

Tab. 70 – Caratteristiche dell'emulsione bituminosa per la stabilizzazione a bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di legante recuperato	UNI EN 1431	r	%	60 ±2
Omogeneità	UNI EN 1429	R _{0,500}	%	≤ 0,2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
Grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Stabilità con cemento	UNI EN 12848	Sc	g	< 2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO (UNI EN 1431)				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	≥ 45
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8

4.4.1.4 AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

Al fine di correggere la composizione per favorire il massimo addensamento ed ottimizzare le caratteristiche tecniche del prodotto finale, è ammessa l'eventuale integrazione con una minima parte di aggregati. I requisiti di accettazione degli aggregati, sia riciclati che naturali, impiegati per la correzione delle caratteristiche, qualora non specificato diversamente, devono essere conformi alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- 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".

Per quanto riguarda l'idoneità all'impiego dei materiali è previsto che gli aggregati siano prodotti in conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 2+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

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 (Tab. 71):

Tab. 71 – Requisiti degli aggregati di integrazione per la stabilizzazione a cemento

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato		D _{max}	mm	40
Composizione granulometrica		-	%	valori dichiarati
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalenti in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	Valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Zolfo totale		S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	assenti
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	≤ 5
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

4.4.1.5 CEMENTO

Qualora sia impiegata l'emulsione bituminosa come legante deve essere aggiunto cemento con funzione di additivo catalizzatore di processo, importante per regolare i tempi di rottura dell'emulsione che divengono più o meno critici in relazione al tipo di applicazione.

Il cemento utilizzato deve essere un legante idraulico per impieghi stradali conforme alle seguenti prescrizioni:

- Direttiva Prodotti da Costruzione 89/106 CEE;
- Allegato ZA della Norma armonizzata UNI EN 197-1;
- ENV 13282 "Leganti idraulici per impieghi stradali".

Il cemento deve avere classe di resistenza maggiore o uguale a 22,5 N ed essere conforme alla Direttiva Prodotti da Costruzione con sistema di attestazione 1+ (Certificazione di un Organismo Notificato).

4.4.1.6 ACQUA

L'acqua utilizzata, qualora non proveniente dalla rete idrica potabile, deve essere esente da impurità dannose quali oli, acidi, alcali, materie organiche od altre sostanze nocive, in conformità alla norma UNI EN 1008.

4.4.2 CARATTERISTICHE DEL MATERIALE "STABILIZZATO"

Il Produttore deve effettuare uno studio preliminare per definire la composizione ottimale (mix design) della miscela che intende riprodurre in opera mediante il procedimento di stabilizzazione.

Le percentuali dei costituenti (cemento, bitume o emulsione bituminosa, acqua, additivi ed eventuali aggiunte) devono essere determinate sulla base dei risultati ottenuti dalle analisi di provini confezionati secondo il metodo di compattazione con pressa giratoria secondo la norma UNI EN 12697-31 con contenuto variabile di cemento (1,5% - 2,0% - 2,5%), di legante (1,5% - 2,0%- 3,5%) e di umidità (4,5% - 5,5% - 6,5%).

Le condizioni di prova per la preparazione dei provini mediante Pressa giratoria sono:

- angolo di rotazione: 1,25° +0,02°;
- velocità di rotazione: 30 rotazioni/minuto;
- pressione verticale: kPa 600;
- diametro del provino: mm 150;
- giri: n° 180;
- peso del campione (comprensivo di emulsione, cemento ed acqua): g 4 500.

I provini devono essere confezionati con differenti quantità (percentuali riferite al peso degli aggregati) di legante bituminoso, cemento ed acqua, come indicato nella tabella seguente (Tab. 72):

Tab. 72 – Caratteristiche dei provini

CARATTERISTICA	DOSAGGI								
	1,5			2,0			2,5		
Contenuto di cemento (%)									
Contenuto di legante (%)	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	3,5	3,5	3,5
Contenuto di acqua % (oltre acqua dell'emulsione)	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5	4,5	5,5	6,5
Provini (N°)	6	6	6	6	6	6	6	6	6

La miscela relativa al terreno stabilizzato a bitume schiumato (o emulsione) deve avere le caratteristiche conformi ai requisiti riportati nella tabella seguente (Tab. 73):

Tab. 73 – Caratteristiche della miscela stabilizzata a bitume (o emulsione)

REQUISITO	METODO DI PROVA	SIMBOLO	UM	VALORE LIMITE
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3 000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5

I provini devono essere sottoposti a maturazione per 72 ore a 40°C e provati a 20°C (dopo termostatazione di 4 ore a 20°C).

4.4.3 CARATTERISTICHE DELLO STRATO

Il materiale stabilizzato a bitume schiumato (o emulsione) deve avere le caratteristiche di portanza conformi ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 74):

Tab. 74 – Caratteristiche di portanza del materiale stabilizzato a bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Modulo di deformazione misurato sul piano di appoggio della pavimentazione.	CNR 146	M _D	MPa	> 120

Le caratteristiche volumetriche e di addensamento della miscela in opera sono determinate secondo il metodo del grado di compattazione in conformità ai requisiti riportati nella seguente tabella (Tab. 75):

Tab. 75 – Caratteristiche volumetriche del materiale stabilizzato a bitume schiumato (o emulsione)

REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	LIMITE
Grado di compattazione (per ogni campione)	UNI EN 12697-6	-	%	> 95
Grado di compattazione (media dei campioni)	UNI EN 12697-6	-	%	> 98
Spessore dello strato	-	S	m	≥ S progetto
Il grado di compattazione è il rapporto tra la densità della miscela compattata in opera e la densità della miscela compattata in laboratorio riferita allo stesso lotto/giorno di produzione (massimo addensamento teorico).				

Le carote prelevate dallo strato per la determinazione delle caratteristiche in opera devono avere diametro di mm 150.

4.4.3.1 ESECUZIONE DELLA STABILIZZAZIONE

La superficie dello strato da stabilizzare deve essere perfettamente livellata secondo i piani indicati nel progetto esecutivo. Prima della lavorazione è opportuno effettuare una rullatura della superficie finalizzata all'individuazione di eventuali zone compressibili da bonificare secondo le indicazioni fornite dalla DL.

L'operazione di miscelazione in situ deve essere preceduta dalla fase di frantumazione del materiale fino alla profondità prevista per la stabilizzazione, ottenuta mediante passate successive con la macchina operatrice (fresatrice-stabilizzatrice) fino ad ottenere grumi di materiale della dimensione massima di 40 mm.

La macchina deve trattare il materiale in modo uniforme fino alla profondità richiesta, per tutta la larghezza della lavorazione. Il miscelatore deve essere del tipo a rotore, semovente e permettere di lavorare strati di almeno 20-30 cm di profondità.

Nel caso di impiego di emulsione, la posa in opera del cemento è eseguita mediante impiego di spanditore a dosaggio volumetrico regolato in funzione della velocità di avanzamento, tale da raggiungere la percentuale prevista in sede di progetto della miscela. L'operazione di spandimento è sospesa quando la presenza di vento non permetta di garantire la sicurezza del personale operante ed il corretto dosaggio del legante.

Il legante bituminoso (bitume) è introdotto nella camera di schiumatura in prossimità del rullo di miscelazione della stabilizzatrice.

Il controllo della profondità e dell'uniformità del trattamento è eseguito durante le operazioni di miscelazione attraverso la verifica visiva dell'apparecchiatura di miscelazione.

Le modalità operative indicate e le macchine impiegate comporteranno la creazione di giunti trasversali e longitudinali. I giunti longitudinali ottenuti dalla lavorazione di strisce contigue devono risultare sovrapposti per almeno 15 cm. Inoltre nella stessa giornata lavorativa i tratti lavorati devono essere completati per tutta la larghezza prevista in progetto.

Nei giunti di lavoro trasversali, perpendicolari all'asse del tracciato, la miscela già costipata deve essere ripresa in tutte quelle zone nelle quali il contenuto di cemento e bitume, lo spessore, o il grado di compattazione risultino inadeguati e/o disomogenei. Le riprese devono essere eseguite all'inizio della successiva giornata lavorativa, nello strato indurito, in modo da presentare superficie verticale, per evitare che si manifestino successive fessurazioni.

Il piano deve avere le pendenze trasversali e longitudinali previste dal progetto esecutivo e, se necessario, deve essere impiegata una livellatrice (grader) per assicurare la planarità superficiale.

L'addensamento dello strato deve essere effettuato con rulli a due ruote vibranti da 10 t per ruota o rullo con una sola ruota vibrante di peso non inferiore a 18 t. Potranno essere impiegati, in alternativa, rulli misti, vibranti-gommati comunque approvati dalla Direzione Lavori.

Le opere di stabilizzazione non devono essere eseguite con temperature ambiente inferiori a 8°C, con impiego di bitume, e 4°C con impiego di emulsione, ed in caso di pioggia.

5 CONTROLLI

5.1.1 CONTROLLI PRELIMINARI

Prima dell'impiego dei materiali, l'Impresa deve consegnare alla DL la documentazione tecnica relativa ai materiali che intende impiegare nella costruzione dell'opera.

Più precisamente la qualifica ed accettazione dei materiali deve essere conforme ai requisiti di idoneità ai sensi della Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE) ed ai requisiti specificati negli articoli precedenti delle presenti Norme tecniche relativi alle caratteristiche geometriche, fisiche, compositive e di ecocompatibilità.

Per quanto riguarda i materiali legati il Produttore deve effettuare uno studio di miscela per ogni prodotto che intende fornire completo dei requisiti dei materiali costituenti, delle caratteristiche delle miscele ottimali (mix design) e delle percentuali di dosaggio.

La documentazione tecnica è costituita dalle Dichiarazioni del Produttore del materiale e dai rapporti di prova eseguiti sui materiali da Laboratori qualificati con sistema di gestione conforme alla Norma UNI EN ISO 9001. Ogni singolo requisito deve essere documentato da un rapporto di analisi.

Dopo avere accertato la conformità ai requisiti richiesti, relativi ai materiali ed alle miscele, la DL procede con l'accettazione dei materiali che l'Impresa intende impiegare.

In ogni caso l'Impresa è tenuta a comunicare tempestivamente alla DL eventuali nuovi Produttori o variazioni delle caratteristiche dei materiali per la nuova verifica di accettazione.

I rapporti delle analisi chimiche devono essere firmati da professionisti abilitati ed iscritti all'ordine dei chimici.

Gli oneri relativi all'esecuzione delle prove per la verifica di conformità alle presenti Norme Tecniche sono a carico dell'Impresa.

5.1.2 CONTROLLI IN FASE ESECUTIVA

L'Impresa deve assicurare il mantenimento continuo delle caratteristiche dei materiali qualificati ed accettati per tutta la durata delle forniture e delle lavorazioni. E' cura della DL procedere con l'esecuzione di verifiche periodiche per accertare la continua conformità dei materiali e delle lavorazioni alle prescrizioni delle presenti Norme tecniche.

Tali verifiche periodiche delle caratteristiche tecniche e chimiche (test di cessione) del materiale da collocare in opera, ove possibile, devono coincidere con i controlli periodici in produzione che il Produttore deve effettuare secondo quanto previsto dalle Norme armonizzate applicabili. Nel caso in cui le prove di laboratorio non siano relative al materiale depositato e destinato ad essere impiegato nell'opera, la DL potrà procedere con ulteriori verifiche per assicurare la continua conformità dei materiali qualificati.

Le prove ed analisi dei materiali sono eseguite presso i Laboratori Provinciali o altri Laboratori qualificati con sistema di gestione conforme alla Norma UNI EN ISO 9001.

I rapporti delle analisi chimiche devono essere firmati da professionisti abilitati ed iscritti all'ordine dei chimici. Le modalità di prelevamento dei campioni ed esecuzione delle analisi di laboratorio devono essere conformi alla normativa vigente.

I campioni verranno prelevati in contraddittorio e devono essere conservati presso il Laboratorio incaricato, previa apposizione di sigilli e firme del Direttore dei Lavori e dell'Impresa, nei modi più adatti a garantire l'autenticità e la conservazione. Il prelevamento del campione deve essere accompagnato dal Verbale di

campionamento e deve sempre essere assicurato il principio della rappresentatività del materiale da sottoporre ad analisi.

Gli addetti del Laboratorio e della DL, devono avere libero accesso e completa possibilità di controllo in tutti i cantieri ove avviene l'approvvigionamento, la produzione e la posa in opera dei materiali previsti in appalto.

Il prelievo dei campioni da esaminare potrà essere eseguito in qualsiasi momento e gli addetti alle cave, agli impianti, ai mezzi di approvvigionamento e di posa devono agevolare le operazioni di prelievo. Per i campioni asportati dall'opera in corso di esecuzione, l'Impresa è tenuta a provvedere, a sua cura e spese, al ripristino della parte manomessa.

Salvo diverse disposizioni impartite dalla DL la frequenza dei controlli in fase esecutiva è riportata nei seguenti paragrafi in base al tipo di prodotto/lavorazione.

Gli oneri relativi all'esecuzione delle prove indicate per la verifica di conformità alle presenti Norme Tecniche in fase esecutiva sono a carico del Committente.

Il controllo delle caratteristiche delle opere eseguite con i prodotti riciclati non legati deve essere effettuato mediante prove di laboratorio sui materiali forniti e sulle lavorazioni.

Nella tabella seguente (Tab. 76) sono riportati i controlli da effettuare sui materiali costituenti:

Tab. 76 – Controlli periodici sui materiali costituenti

MATERIALE	UBICAZIONE PRELIEVO	REQUISITI DA CONTROLLARE	FREQUENZA
Aggregato misto e granulare (riciclato e di integrazione)	Impianto di trattamento, cantiere di posa.	<ul style="list-style-type: none"> • caratteristiche fisiche; • caratteristiche geometriche; • caratteristiche chimiche. 	A richiesta della DL o in caso di prolungate interruzioni nella fornitura di aggregati
Bitume	Cisterna di stoccaggio, cantiere di posa.	<ul style="list-style-type: none"> • Rapporto di espansione; • Tempo di semitrasformazione. 	Giornaliero
		<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche del bitume 	Ogni m ² 2 000 di materiale posato
Emulsione bituminosa	Cisterna di stoccaggio, cantiere di posa	<ul style="list-style-type: none"> • Caratteristiche del bitume residuo 	
I controlli sui materiali costituenti sono effettuati in base alle specifiche adottate.			

La verifica sulle miscele è effettuata per accertare che i requisiti della composizione ottimale, validata ed accettata dalla DL, vengano rigorosamente rispettati mediante l'esecuzione di controlli periodici.

Tali valori devono essere verificati mediante prove sulla miscela prelevata all'impianto di produzione o al cantiere di stesa; la campionatura deve essere effettuata in conformità alla norme vigenti ed i metodi di preparazione dei campioni devono essere conformi alle prescrizioni richieste.

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 nella seguente tabella (Tab. 77):

Tab. 77 – Controlli periodici sulle miscele

REQUISITO	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA
Composizione granulometrica	Impianto di trattamento, cantiere di posa	Ogni m ² 2 000 (prodotti legati)
Contenuto di legante (bitume o emulsione bituminosa)		Ogni m ³ 1 000 (prodotti non legati)
		Ogni m ² 2 000

Le modalità di esecuzione dei controlli periodici, da effettuare per la verifica di conformità ai requisiti definiti per le caratteristiche dello strato, sono riportati nella seguente tabella (Tab. 78):

Tab. 78 – Controlli periodici sulle lavorazioni

REQUISITO	UBICAZIONE PRELIEVO	FREQUENZA
Densità in situ	Cantiere di posa	Ogni m ² 1 000
Grado di compattazione		Ogni m ² 2 000
Resistenza a trazione indiretta		
Resistenza a compressione		
Spessore dello strato		Ogni m ² 1 000

In corso d'opera ed in ogni fase delle singole lavorazioni, la DL effettuerà, a sua discrezione, tutte le verifiche, prove e controlli, atti ad accertare la rispondenza qualitativa e quantitativa dei lavori alle prescrizioni contrattuali.

ALLEGATO A: SCHEDE TECNICHE MATERIALI RICICLATI NON LEGATI

Nel presente allegato sono raccolte le schede prodotto dei materiali riciclati specificati nel capitolo 1.

Ogni scheda riporta la designazione del prodotto, i riferimenti normativi di accettazione ed i requisiti che ne definiscono le caratteristiche tecniche, prestazionali e ambientali.

I documenti sono uno strumento operativo concepito per agevolare le attività di controllo e verifica dello stato di conformità dei materiali proposti in fase di qualifica preliminare e forniti durante le lavorazioni.

Si precisa che:

- nel caso in cui i prodotti siano stati ottenuti dall'esclusivo trattamento dei rifiuti provenienti dalle attività di scavo in terra ed in roccia di materiali naturali, non è richiesta la conformità alle caratteristiche prestazionali (CM 5205) dei requisiti elencati nel campo "componenti". In questo caso non è necessaria la codifica (C1, C2, C3, C4, C5);
- per opere non strutturali, il livello di attestazione minimo richiesto ai fini della marcatura CE dei prodotti (CPD 89/106), può essere "4".

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AM-R-C1-125	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO 125	CORPO DEI RILEVATI	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	2+	C 1

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	125	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		63		min	max
		4		85	100
		0,063		0	60
				15	
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%		
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 20	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 45	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	MDE	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con legandi idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 4	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 70	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 15	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 25	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,6	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD	
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	≤ 40	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	≤ 10	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	< 5	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 30	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 90	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 30	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AM-R-C2-63	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO 63	SOTTOFONDO STRADALE	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	2+	C 2

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	63	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		63		min	max
		4		100	100
		0,063		0	60
		0,5/0,063		0	15
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 45	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 40	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 80	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 10	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 15	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)	-	%	≤ 0,4		
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD	
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	≤ 40	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	≤ 10	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	< 5	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 35	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 90	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	Mpa	> 60	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AM-R-C3-40	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO 40	STRATI DI FONDAZIONE	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	2+	C 3

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		40		min	max
		20		100	100
		10		61	79
		4		41	64
		2		31	49
		1		22	36
		0,5		13	30
		0,063		10	20
		0,5/0,063		0	10
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS≤0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 90	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 5	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 5	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,4	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD	
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	≤ 40	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	≤ 10	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	valore dichiarato	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	< 5	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 40	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 80	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AM-R-C4-14	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO 14	RIEMPIMENTI	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	4	C 4

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	14	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		14		min	max
		10		100	100
		0,063		85	100
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 70	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 15	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 25	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,6	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati		UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (AII.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	-	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AG-R-C4-40	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO 40	RIEMPIMENTI	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	4	C 4

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		40		min	max
		31,5		100	100
		0,063		85	100
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 70	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 15	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 25	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,6	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD	
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AG-R-C4-125	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO 125	RIEMPIMENTI	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	4	C 4

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	125	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		125		min	max
		63		100	100
		0,063		85	100
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 15	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati	V	%	NPD		
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 70	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 15	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 25	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,6	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati		UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		I _p	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AG-R-C5-40	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO 40	STRATI ACCESSORI (drenante)	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	4	C 5

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		40		min	max
		4		100	100
		0,063		0	5
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con leganti idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 80	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 10	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 15	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,4	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD	
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AG-R-C5-200a	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO 200	STRATI ACCESSORI (drenante e anticapillare)	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	4	C 5

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	200	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		200		min	max
		16		100	100
		0,063		0	5
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	valore dichiarato	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	NPD	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con legandi idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	valore dichiarato	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 80	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 10	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 15	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,4	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati		UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

CODICE	MATERIALE	IMPIEGO	NORME DI RIF.	CE UNI EN 13242	C.M. 5205
AG-R-C5-200b	AGGREGATO GRANULARE RICICLATO 200	STRATI ACCESSORI (anticapillare e antigelo)	UNI EN 13242 UNI EN 13285 UNI EN ISO 14688-1	2+	C 5

CARATTERISTICHE DEL MATERIALE					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
REQUISITI GEOMETRICI					
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	200	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	SETACCIO (mm)	%	LIMITI (passante%)	
		200		min	max
		16		0	5
		0,063		0	2
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	NPD	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	NPD	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	NPD	
Percentuale di particelle rotte frantumate e di particelle totalmente arrotondate negli aggregati grossi	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 2	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	-	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	valore dichiarato	
REQUISITI FISICI					
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	≤ 2	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	valore dichiarato	
REQUISITI CHIMICI					
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	valore dichiarato (a contatto con CLS ≤ 0,8)	
Solfato solubile in acqua		SS	%	NPD	
Zolfo totale		S	%	NPD	
Componenti che alterano la velocità di presa e di indurimento delle miscele legate con legandi idraulici (sostanza umica - acido fulvico - prova di comparazione)		-	-	NPD	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie d'altoforno e d'acciaieria per gli aggregati non legati		V	%	NPD	
DURABILITA'					
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3 e UNI EN 1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
COMPONENTI					
Materiali litici di qualunque provenienza, pietrisco tolto d'opera, calcestruzzi, laterizi, refrattari, ceramici, malte, intonaci, scorie e loppe	Separazione al setaccio 8 mm (UNI EN 13285/2004)	-	%	> 80	
Vetro e scorie vetrose		-	%	≤ 10	
Conglomerati bituminosi		-	%	≤ 15	
Altri rifiuti minerali dei quali sia ammesso il recupero nel corpo stradale ai sensi della legislazione vigente.		-	%	≤ 15 (totale) ≤ 5 (singolo)	
Materiali deperibili: carta, legno, fibre, cellulosa, sostanze organiche eccetto bitume; materiali plastici		-	%	≤ 0,1	
Altri materiali (metalli, gesso, gomme, etc.)		-	%	≤ 0,4	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati		UNI EN 933-11	Rc-Rcug-Rb-Ra-Rg-X-FL	% cm ³ /kg	NPD
ECOCOMPATIBILITA'					
TEST DI CESSIONE	DM 05/02/98 (All.3)	-	-	conforme	
REQUISITI GEOTECNICI (del materiale)					
limite liquido (limite di Atterberg)	UNI CEN ISO/TS 17892-12	wL	%	-	
indice di plasticità (limite di Atterberg)		Ip	%	-	
curva di costipamento Proctor Modificata.	UNI EN 13286-2	-	% g/cm ³	-	
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN 13286-2	ΔW	%	-	
indice di portanza CBR	UNI EN 13286-47	CBR	%	-	
REQUISITI DELLO STRATO (materiale in opera)					
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	-	
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	-	
Spessore dello strato	-	S	m	± 5% S progetto	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

ALLEGATO B: SCHEDE TECNICHE MATERIALI RICICLATI LEGATI

Nel presente allegato sono raccolte le schede prodotto dei materiali riciclati legati specificati nel capitolo 2.

Ogni scheda riporta la designazione del prodotto, i riferimenti normativi di accettazione ed i requisiti che ne definiscono le caratteristiche tecniche, prestazionali e ambientali.

I documenti sono uno strumento operativo concepito per agevolare le attività di controllo e verifica dello stato di conformità dei materiali proposti in fase di qualifica preliminare e forniti durante le lavorazioni.

COD.	MATERIALE
AML-R-CEM	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE (il prodotto è collocato sotto lo strato di base)	UNI EN 14227-1	IN IMPIANTO	IDRAULICO (cemento)	AGGREGATO MISTO RICICLATO - CB DI RECUPERO

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
AGGREGATI MISTI RICICLATI				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13242-AII. ZA	CE	liv. att.	2+
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m3	da 2 a 3
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	-	% cm3/kg	NPD
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	NPD
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367- 3;1097-2	SB	%	NPD
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2
CB DI RECUPERO				
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato
CEMENTO				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 197-1	CE	liv. att.	1 +
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	N	MPa	≥ 22,5

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

COD.	MATERIALE
AML-R-CEM	MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
COMPOSIZIONE					
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	setaccio	min	max
	40	100	100		
	31,5	85	100		
	25	75	100		
	20	65	94		
	10	44	78		
	4	26	61		
	2	18	50		
	0,5	8	30		
	0,25	6	22		
	0,063	3	11		
Contenuto di acqua (riferito alla miscela secca)	UNI EN 13286	-	%	valore dichiarato	
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)	-	-	%	> 3	
Contenuto aggregati riciclati	-	-	%	valore dichiarato	
Contenuto di CB di recupero	-	-	%	valore dichiarato	
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA					
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm ³	Valore dichiarato	
Resistenza a compressione a 7 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,0 a 3,5	
Resistenza a compressione a 28 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 5,0	
Resistenza a trazione indiretta a 7 giorni	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,2 a 0,35	
Resistenza a trazione indiretta a 28 giorni	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,25 a 0,50	
CARATTERISTICHE DELLO STRATO					
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 150	
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95	
temperatura minima del fondo	-	T	°C	4	
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto	

COD.	MATERIALE
AML-R-BIT	AGGREGATO MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO E BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE O DI BASE (il prodotto è collocato sotto lo strato di collegamento/binder)	-	IN IMPIANTO	BITUMINOSO (bitume schiumato o emulsione)	AGGREGATO MISTO RICICLATO - CB DI RECUPERO

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
AGGREGATI				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13043-AII. ZA	CE	liv. att.	2+
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m3	da 2 a 3
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	valore dichiarato
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	-
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	NPD
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV (LV)	-	NPD
Resistenza all'abrasione superficiale	UNI EN 1097-9	AN	-	NPD
Resistenza allo shock termico	UNI EN 1367-5	-	0	NPD
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	MDE	%	NPD
Composizione /contenuto	UNI EN 932-3	-	-	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	NPD
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3;1097-2	SB	%	NPD
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2
CB DI RECUPERO				
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato
BITUME SCHIUMATO				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 70 a 100
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	da 43 a 51
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ - 8
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13702-2	η	Pas	< 0,20
Solubilità	UNI EN 12592	-	%	≥ 99
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO (RTFOT UNI EN 12607-1)				
Variazione di massa	UNI EN12607-1	M	%	≤ 0,5
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	P	%	≥ 46
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≥ 45
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≤ 10
PARAMETRI DI ESPANSIONE				
Rapporto di espansione	-	Er	-	≥ 20
Tempo di semitrasformazione	-	Ts	s	≥ 25

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
EMULSIONE BITUMINOSA (in alternativa al bitume)				
Polarità	UNI EN 1430	-	-	positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di legante recuperato	UNI EN 1431	r	%	60 ±2
Omogeneità	UNI EN 1429	R0,500	%	≤ 0,2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
Grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Stabilità con cemento	UNI EN 12848	Sc	g	< 2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO (UNI EN 1431)				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	≥ 45
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ - 8
CEMENTO				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 197-1	CE	liv. att.	1 +
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	N	MPa	≥ 22,5

COD.	MATERIALE
AML-R-BIT	MISTO GRANULARE RICICLATO LEGATO CON CEMENTO E BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA						
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI		
COMPOSIZIONE						
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	setaccio	min	max	
			63	100	100	
				40	94	100
				20	78	100
				14	62	88
				8	44	72
				4	28	54
				2	22	40
				0,25	5	18
				0,063	4	10
Contenuto di acqua (riferito alla miscela secca)	UNI EN 13286	-	%	valore dichiarato		
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)	-	-	%	da 1,00 a 3,00		
Contenuto di legante bituminoso (riferito alla miscela)	-	-	%	da 2,50 a 4,50		
Contenuto aggregati riciclati	-	-	%	valore dichiarato		
Contenuto di CB di recupero	-	-	%	valore dichiarato		
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA						
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30		
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3 000		
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5		
CARATTERISTICHE DELLO STRATO						
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 150		
Grado di compattazione singolo provino (media)	UNI EN 12697-6	-	%	95 (98)		
temperatura minima del fondo (bitume schiumato – emulsione)	-	T	°C	8 - 4		
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto		

COD.	MATERIALE
CB-R	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE O DI BASE (il prodotto è collocato sotto lo strato di collegamento/binder)	-	IN IMPIANTO	BITUMINOSO (emulsione)	CB DI RECUPERO - AGGREGATI DI INTEGRAZIONE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
CB DI RECUPERO				
Dimensione massima degli aggregati del fresato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato
Contenuto di legante estratto	UNI EN 12697-11	B	%	valore dichiarato
AGGREGATI DI INTEGRAZIONE				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13043-AII. ZA	CE	liv. att.	2+
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	NPD
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m3	da 2 a 3
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	valore dichiarato
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	NPD
Equivalentente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 50
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	NPD
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30
Resistenza alla levigazione	UNI EN 1097-8	PSV (LV)	-	NPD
Resistenza all'abrasione superficiale	UNI EN 1097-9	AN	-	NPD
Resistenza allo shock termico	UNI EN 1367-5	-	0	NPD
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	MDE	%	NPD
Composizione /contenuto	UNI EN 932-3	-	-	valore dichiarato
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	NPD
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3;1097-2	SB	%	NPD
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
EMULSIONE BITUMINOSA				
Polarità	UNI EN 1430	-	-	positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di legante recuperato	UNI EN 1431	r	%	60 ±2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
Grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO (UNI EN 1431)				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	≥ 60
Ritorno elastico	UNI EN 13398	Re	%	≥ 50
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -13
CEMENTO				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 197-1	CE	liv. att.	1 +
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	N	MPa	≥ 22,5

COD.	MATERIALE
CB-R	CONGLOMERATO BITUMINOSO RICICLATO A FREDDO

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
COMPOSIZIONE					
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	%	setaccio	min	max
			40	100	100
			31,5	90	100
			20	68	90
			12,5	53	78
			6,3	36	60
			4	28	48
			2	18	36
			0,5	8	21
			0,063	3	7
Contenuto di acqua (oltre all'acqua dell'emulsione)			%	da 4,5 a 6,5	
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)		-	%	da 1,50 a 2,50	
Contenuto di legante bituminoso (riferito alla miscela)		-	%	da 2,50 a 4,50	
Contenuto di CB di recupero		-	%	valore dichiarato	
Contenuto di aggregati di integrazione		-	%	valore dichiarato	
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA					
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30	
Modulo di rigidezza	UNI EN 12697-26 (C)	Sm	MPa	> 3 000	
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5	
CARATTERISTICHE DELLO STRATO					
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 120	
Grado di compattazione singolo provino (media)	UNI EN 12697-6	-	%	95 (98)	
temperatura minima del fondo	-	T	°C	4	
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto	

ALLEGATO C: SCHEDE TECNICHE OPERE DI STABILIZZAZIONE

Nel presente allegato sono raccolte le schede delle opere di stabilizzazione specificate nel capitolo 3.

Ogni scheda riporta la designazione della lavorazione, i riferimenti normativi di accettazione ed i requisiti che ne definiscono le caratteristiche tecniche e ambientali dei materiali costituenti e le prestazioni dei prodotti.

I documenti sono uno strumento operativo concepito per agevolare le attività di controllo e verifica dello stato di conformità dei materiali proposti in fase di qualifica preliminare e forniti durante le lavorazioni.

COD.	LAVORAZIONE
STAB - CEM	STABILIZZAZIONE A CEMENTO

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE (la lavorazione interessa il terreno di appoggio dello strato di base/binder della pavimentazione)	UNI EN 14227-10	IN SITU	INDRAULICO (cemento)	TERRENO NATURALE - AGGREGATO MISTO DI INTEGRAZIONE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
TERRENO ESISTENTE					
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Diametro massimo	UNI EN 933-1	Dmax	mm	valore dichiarato	
Contenuto materiale organico	UNI EN 1744-1	-	%	< 2	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assenti	
AGGREGATI DI INTEGRAZIONE					
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13242-AII. ZA	CE	liv. att.	2+	
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato	
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3	
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	-	% cm ³ /kg	NPD	
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	MDE	%	≤ 30	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8	
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	NPD	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5	
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3;1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
CEMENTO					
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 197-1	CE	liv. att.	1+	
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	N	MPa	≥ 22,5	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

COD.	LAVORAZIONE
STAB - CEM	STABILIZZAZIONE A CEMENTO

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
COMPOSIZIONE				
Contenuto di acqua (riferito alla miscela secca)	UNI EN 13286	-	%	da 5 a 7
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)	-	-	%	da 2 a 4
Contenuto di aggregati di integrazione	-	-	%	valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA				
Indice di portanza	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 50
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm3	valore dichiarato
Resistenza a compressione a 7 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,0 a 3,5
Resistenza a compressione a 28 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 5,0
Resistenza a trazione indiretta a 7 giorni	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,2 a 0,35
Resistenza a trazione indiretta a 28 giorni	UNI EN 13286-42	Rit	MPa	da 0,25 a 0,50
CARATTERISTICHE DELLO STRATO				
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 120
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti perc.	< 5
temperatura minima del fondo	-	T	°C	4
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

COD.	LAVORAZIONE
STAB - CAL	STABILIZZAZIONE A CALCE

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE (la lavorazione interessa il terreno di appoggio dello strato di base/binder della pavimentazione)	UNI EN 14227-11	IN SITU	INDRAULICO (calce)	TERRENO NATURALE - AGGREGATO MISTO DI INTEGRAZIONE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
TERRENO ESISTENTE					
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Diametro massimo	UNI EN 933-1	Dmax	mm	60	
Contenuto materiale organico	UNI EN 1744-1	-	%	≤ 3	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente	
AGGREGATI DI INTEGRAZIONE					
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13242-AII. ZA	CE	liv. att.	2+	
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato	
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m ³	da 2 a 3	
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30	
Valore di blu	UNI EN 933-9	MB	-	≤ 10	
Classificazione dei costituenti di aggregati grossi riciclati	UNI EN 933-11	-	% cm ³ /kg	NPD	
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	MDE	%	≤ 30	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8	
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	NPD	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5	
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3;1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
CALCE					
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 459-1	CE	liv. att.	2	
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	CL	Classe	90 o 80	

COD.	LAVORAZIONE
STAB - CAL	STABILIZZAZIONE A CALCE

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
COMPOSIZIONE				
Contenuto di acqua (riferito alla miscela secca)	UNI EN 13286	-	%	da 5 a 7
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)	-	-	%	da 2 a 4
Contenuto di aggregati di integrazione	-	-	%	valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA				
Indice di portanza	UNI EN 13286-47	CBR	%	> 30
Curva di costipamento Proctor modificata	UNI EN13286-2	-	% g/cm3	valore dichiarato
Resistenza a compressione a 7 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	≥ 0,7
Resistenza a compressione a 28 giorni	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	≥ 2,0
CARATTERISTICHE DELLO STRATO				
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 80
Densità in situ (rispetto alla densità massima Proctor)	UNI EN 13286-2	-	%	> 95
Scostamento dell'umidità (rispetto al contenuto ottimale Proctor)	UNI EN13286-2	ΔW	punti perc.	< 5
temperatura minima del fondo	-	T	°C	4
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto

COD.	LAVORAZIONE
STAB - BIT	STABILIZZAZIONE A BITUME SCHIUMATO (O EMULSIONE)

IMPIEGO	NORMA	PRODUZIONE	LEGANTE	COSTITUENTI
SOVRASTRUTTURA STRADALE: STRATO DI FONDAZIONE (la lavorazione interessa il terreno di appoggio dello strato di base/binder della pavimentazione)	-	IN SITU	BITUMINOSO (bitume schiumato o emulsione)	TERRENO NATURALE - AGGREGATO MISTO DI INTEGRAZIONE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI COSTITUENTI					
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI	
TERRENO ESISTENTE					
Passante al setaccio 63 mm	UNI EN 933-1	-	%	> 95	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Diametro massimo	UNI EN 933-1	Dmax	mm	60	
Contenuto materiale organico	UNI EN 1744-1	-	%	≤ 2	
AGGREGATI DI INTEGRAZIONE					
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 13043-AII. ZA	CE	liv. att.	2+	
Dimensione dell'aggregato (designazione)	UNI EN 933-1	d/D	mm	valore dichiarato	
Dimensione massima dell'aggregato	UNI EN 933-1	Dmax	mm	40	
Composizione granulometrica	UNI EN 933-1	-	%	valore dichiarato	
Indice appiattimento dell'aggregato grosso	UNI EN 933-3	FI	%	≤ 35	
Indice di forma dell'aggregato grosso	UNI EN 933-4	SI	%	≤ 40	
Massa volumica delle particelle	UNI EN 1097-6	MV	Mg/m3	da 2 a 3	
Affinità ai leganti bituminosi	UNI EN 12697-11	-	%	valore dichiarato	
Percentuale di particelle rotte frantumate	UNI EN 933-5	C	%	valore dichiarato	
Contenuto di fini	UNI EN 933-1	f	%	≤ 10	
Equivalente in sabbia	UNI EN 933-8	SE	%	> 30	
Resistenza alla frammentazione dell'aggregato grosso	UNI EN 1097-2	LA	%	≤ 30	
Assorbimento di acqua	UNI EN 1097-6	WA	%	valore dichiarato	
Resistenza all'usura dell'aggregato grosso (Micro Deval)	UNI EN 1097-1	M _{DE}	%	≤ 30	
composizione /contenuto	UNI EN 932-3	-	-	valore dichiarato	
Solfato solubile in acido	UNI EN 1744-1	AS	%	≤ 0,8	
Solfato solubile in acqua	UNI EN 1744-1	SS	%	-	
Zolfo totale	UNI EN 1744-1	S	%	≤ 1	
Componenti che alterano la velocità di presa	UNI EN 1744-1	-	-	assente	
Componenti che alterano la stabilità di volume delle scorie	UNI EN 1744-1	V	%	≤ 5	
"Sonnenbrand" del basalto	UNI EN 1367-3;1097-2	SB	%	NPD	
Resistenza al gelo/disgelo	UNI EN 1367-1	F	%	≤ 2	
BITUME SCHIUMATO					
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 70 a 100	
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	da 43 a 51	
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8	
Viscosità dinamica a 160°C	UNI EN 13702-2	η	Pas	< 0,20	
Solubilità	UNI EN 12592	-	%	≥ 99	
RESISTENZA ALL'INVECCHIAMENTO (RTFOT UNI EN 12607-1)					
Variazione di massa	UNI EN12607-1	M	%	≤ 0,5	
Penetrazione residua a 25°C	UNI EN1426	P	%	≥ 46	
Punto di rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≥ 45	
Incremento del punto di Rammollimento	UNI EN1427	T	°C	≤ 10	
PARAMETRI DI ESPANSIONE					
Rapporto di espansione	-	Er	-	≥ 20	
Tempo di semitrasformazione	-	Ts	secondi	≥ 25	

NPD = Nessuna Prestazione Determinata

REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
EMULSIONE BITUMINOSA (in alternativa al bitume)				
Polarità	UNI EN 1430	-	-	positiva
Contenuto di acqua	UNI EN 1428	W	%	40 ±2
Contenuto di legante recuperato	UNI EN 1431	r	%	60 ±2
Omogeneità	UNI EN 1429	R0,500	%	≤ 0,2
Sedimentazione a 7gg.	UNI EN 12847	ST	%	≤ 10
Grado di acidità	UNI EN 12850	pH	-	da 2 a 4
Stabilità con cemento	UNI EN 12848	Sc	g	< 2
Indice di rottura	UNI EN 13075-1	BV	-	da 170 a 230
CARATTERISTICHE DEL BITUME RECUPERATO (UNI EN 1431)				
Penetrazione a 25°C	UNI EN 1426	P	dmm	da 50 a 70
Punto di rammollimento	UNI EN 1427	T	°C	≥ 45
Ritorno elastico	UNI EN 13398	Re	%	-
Punto di rottura (Fraass)	UNI EN 12593	T	°C	≤ -8
CEMENTO				
Conformità alla Direttiva Prodotti da Costruzione (Marcatura CE)	UNI EN 197-1	CE	liv. att.	1+
Composizione, specificazioni e criteri di conformità.	UNI EN 13282	N	MPa	≥ 22,5

CARATTERISTICHE DELLA MISCELA				
REQUISITO	NORMA	SIMB.	UM	LIMITI
COMPOSIZIONE				
Contenuto di acqua (riferito alla miscela secca)	-	-	%	da 4,5 a 6,5
Contenuto di legante idraulico (riferito alla miscela secca)	-	-	%	da 1,50 a 2,50
Contenuto di legante bituminoso (riferito alla miscela)	-	-	%	da 1,50 a 3,50
Contenuto di aggregati di integrazione	-	-	%	Valore dichiarato
CARATTERISTICHE DI RESISTENZA				
Resistenza a trazione indiretta	UNI EN 12697-23	ITS	MPa	> 0,30
Modulo di rigidezza		Sm	MPa	> 3 000
Resistenza a compressione	UNI EN 13286-41	Rc	MPa	da 2,5 a 4,5
CARATTERISTICHE DELLO STRATO				
Modulo di deformazione	CNR 146	MD	MPa	> 120
Grado di compattazione singolo provino (media)	UNI EN 12697-6	-	%	95 (98)
temperatura minima del fondo (bitume – emulsione)	-	T	°C	8 - 4
Spessore dello strato	-	S	cm	≥ S progetto