

OPERE DI COSTRUZIONE E MANUTENZIONE STRADALE

LINEE GUIDA

PER L'INTERPRETAZIONE DELLE NORME E
LA REDAZIONE DI UN CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
- PARTE TECNICA -



Il documento esamina, in prima analisi, il contesto normativo e legislativo all'interno del quale si colloca un Capitolato tecnico, valutando, contemporaneamente, i modelli di approccio ad un Capitolato prescrittivo e prestazionale.

L'analisi delle esigenze e del livello di approfondimento, inteso come indice di accuratezza dei controlli, introduce il progetto delle miscele. Questo argomento trova collocazione in un capitolo speciale del documento, con l'auspicio che ciò serva a farne comprendere la basilare importanza all'interno del processo di formulazione, produzione e controllo delle miscele.

Il cuore dell'opera viene poi sviluppato attraverso spiegazioni, indicazioni e suggerimenti utili a comporre in un voluto "fai da te" la Norma Tecnica di cui si necessita.

Sono stati presi in considerazione tutti i materiali costitutivi la sovrastruttura stradale: terre e terreni, materiali stabilizzati e legati, conglomerati, trattamenti superficiali e microtappeti a freddo fino agli strati di interconnessione ed agli elementi di rinforzo.

Da ultimo, negli allegati si è inteso dare un'ampia panoramica delle Norme europee che regolano i requisiti e, nel dettaglio, la descrizione di questi ultimi.

288 pagine a colori

Edizioni SITEBSi srl

anno 2013

Prezzo di copertina: 40,00 €

Prezzo Associati: 35,00 €



SITEB
Gruppo di lavoro Capitolati



SITEB
Gruppo di lavoro Capitolati

OPERE DI COSTRUZIONE E MANUTENZIONE STRADALE

LINEE GUIDA

PER L'INTERPRETAZIONE DELLE NORME E
LA REDAZIONE DI UN CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO
- PARTE TECNICA -

EDIZIONI SITEBSI

PREFAZIONE.....	1
INTRODUZIONE.....	3
1 CARATTERISTICHE DI UN CAPITOLATO TECNICO E CONTESTO DI RIFERIMENTO	5
1.1 DALLA REGOLA D'ARTE ALLA SPECIFICA TECNICA	5
1.2 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA.....	6
1.3 I CONTENUTI DEL CSA	6
1.4 LE CARATTERISTICHE DEL CSA	7
1.5 I MODELLI DI CSA	7
1.6 LE NORMATIVE DI BASE	10
1.6.1 La normativa in materia di Lavori pubblici	10
1.6.2 La normativa tecnica	11
1.6.3 La normativa in materia di idoneità all'utilizzo	12
1.6.4 La normativa ambientale	13
2 PECULIARITA' DEL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO – PARTE TECNICA.....	15
2.1 INPUT DELLA PROGETTAZIONE	17
2.2 ANALISI DELLE ESIGENZE	18
2.2.1 Esigenze strutturali	18
2.2.2 Esigenze funzionali.....	20
2.2.3 Esigenze ambientali.....	21
2.3 SCELTA DEL TIPO DI INTERVENTO.....	23
2.3.1 Manutenzione	23
2.3.2 Progettazione strutturale e dimensionamento.....	24
2.4 ESAME DEGLI ELEMENTI COSTRUTTIVI.....	27
2.4.1 Le tipologie di sovrastruttura.....	28
2.4.2 Gli elementi costruttivi	31
2.5 SCELTA DEL LIVELLO DI APPROFONDIMENTO (LDA)	32
2.5.1 Classificazione del Livello di approfondimento (LDA).....	32
2.5.2 Modello di Approfondimento Prestazionale	34
2.6 DEFINIZIONE CONTENUTI DEL MIX DESIGN.....	35
2.7 COSTRUZIONE DELL'ARTICOLO	36
2.7.1 I controlli	36
2.7.2 Frequenza dei controlli.....	37
2.8 RIESAME E VALIDAZIONE	38
2.8.1 Riesame	38
2.8.2 Validazione	39

3	IL PROGETTO DELLA MISCELA (MIX DESIGN)	41
3.1	DEFINIZIONE E PECULIARITA'	41
3.2	LE APPLICAZIONI DEL PROGETTO DI MISCELA	43
3.3	IL PROGETTO DELLE MISCELE NEI CONGLOMERATI BITUMINOSI	43
3.3.1	Studio di miscela e livello di approfondimento	43
3.3.2	I principali metodi di riferimento	46
3.3.3	I contenuti dello studio di miscela	49
3.3.4	Relazione tra studio di miscela e controlli sul prodotto	50
3.4	IL PROGETTO DELLE MISCELE NEGLI STRATI PROFONDI	51
3.4.1	Terreni naturali	53
3.4.2	Strato anticapillare	53
3.4.3	Strati generici del rilevato	54
3.4.4	Terre stabilizzate a calce	54
3.4.5	Terre stabilizzate a cemento	55
3.4.6	Terre stabilizzate a calce e cemento	56
3.4.7	Fondazione stradale in misto granulometricamente stabilizzato	57
3.4.8	Fondazione stradale in misto cementato	58
4	LA COSTRUZIONE DI UN CAPITOLATO D'APPALTO	59
4.1	PREMESSA DEL CAPITOLO	59
4.2	MATERIALI PER RILEVATI E FONDAZIONI	62
4.2.1	Descrizione	63
4.2.2	Caratteristiche dei materiali costituenti	68
4.2.3	Caratteristiche della miscela	74
4.2.4	Progetto della miscela	76
4.2.5	Modalità di produzione, trasporto e posa in opera	79
4.2.6	Controlli	81
4.3	I MATERIALI STABILIZZATI CON LEGANTI BITUMINOSI	90
4.3.1	Descrizione	90
4.3.2	Caratteristiche dei materiali costituenti	91
4.3.3	Progetto della miscela	95
4.3.4	Modalità di produzione, trasporto e posa in opera	97
4.3.5	Caratteristiche della miscela	98
4.3.6	Caratteristiche dello strato	99
4.3.7	Controlli	100
4.4	I CONGLOMERATI BITUMINOSI	102
4.4.1	Descrizione	103

4.4.2	Caratteristiche dei materiali costituenti	106
4.4.3	Caratteristiche della miscela	114
4.4.4	Progetto della miscela	117
4.4.5	Modalità di produzione, trasporto e posa in opera.....	119
4.4.6	Caratteristiche dello strato	120
4.4.7	Controlli	122
4.5	TRATTAMENTI SUPERFICIALI E MICROTAPPETI A FREDDO.....	128
4.5.1	Descrizione.....	128
4.5.2	Tipologie applicative.....	129
4.5.3	Caratteristiche dei materiali costituenti	132
4.5.4	Caratteristiche della miscela	137
4.5.5	Modalità di produzione, trasporto e messa in opera.....	138
4.5.6	Caratteristiche dello strato	139
4.5.7	Controlli	141
4.6	GLI STRATI DI INTERCONNESSIONE E RINFORZI STRUTTURALI	143
4.6.1	Descrizione.....	143
4.6.2	Caratteristiche dei materiali costituenti	144
4.6.3	Modalità di messa in opera	145
ALLEGATO A – NORME DI RIFERIMENTO		148
ALLEGATO B – SCHEDE REQUISITO		162
ALLEGATO C – ESEMPIO NORME TECNICHE PRESTAZIONALI		262

La pavimentazione è come una “macchina” che non viaggia ma che mantiene costanti nello spazio le sue prestazioni. Le prestazioni devono essere omogenee, durevoli e rinnovabili ed è importante conoscere e valutare sia le caratteristiche strutturali, dell’intera sovrastruttura, che quelle superficiali. Le prime sovrintendono alla durata nel tempo della integrità del tutto, le seconde interferiscono con il veicoli, con la sicurezza del viaggio e con l’ambiente.

Si devono ottenere prodotti finali efficienti, duraturi e riparabili agevolmente quando raggiungono, nel tempo, livelli di degradazione non accettabili; una valutazione importante da tenere presente nel progetto è la differenza tra le durate delle caratteristiche strutturali (definite anche “profonde”) e quelle superficiali: riparare le prime comporta spesso lavori costosi ed impattanti col traffico, mentre le altre sono più facilmente gestibili.

Il capitolato più moderno è quello che stimola e permette la costruzione di queste “macchine” verificandone il funzionamento complessivo in base alle prestazioni che esse forniscono.

La parte del presente studio, dedicata ai materiali che costituiscono gli elementi della “macchina”, è fondamentale e di una completezza difficilmente riscontrabile in pubblicazioni italiane e non; ad essa è stata aggiunta una leva innovativa e basilare:

- come ottenere l’applicazione di tutte le regole enunciate in modo da avere come prodotto finito “la pavimentazione” con le caratteristiche richieste.

Questa leva è già stata messa a punto: si tratta di fornire al controllore finale la possibilità di verificare in ogni punto del prodotto ottenuto la presenza delle prestazioni che lo caratterizzano e legare il corrispettivo economico alla presenza reale ed al livello concordato di queste caratteristiche. In questo modo sarà lo stesso costruttore ad auto-controllarsi per ottenere, strato per strato, ciò che è stato progettato.

Questo è l’auspicio del presente documento e anche del nuovo Capitolato ANAS (in uso dal 2011) di cui si citano le parti più innovative riguardanti il modo di gestire il rapporto con l’esecutore per ciò che riguarda l’accettazione prestazionale dei risultati.

Utilizzando allora le preziose informazioni del presente lavoro sarà possibile costruire un capitolato moderno completo: prescrizionale per le miscele da preparare e per il loro controllo (anche autogestito) ma anche prestazionale per la verifica del risultato finale.

Le prestazioni tradizionali di progetto o di controllo delle singole miscele richiederanno un incremento dell’uso dei laboratori, il cui prezioso contributo è ampiamente illustrato dal lavoro del gruppo SITEB.

Ad esse si aggiungerà il lavoro degli specialisti di misure ad Alto Rendimento che farà crescere un’ulteriore branca di lavoro “specializzato” a riprova dell’alta scientificità della costruzione e gestione delle pavimentazioni, scientificità che ad oggi è spesso negletta e non valorizzata.

Un ringraziamento speciale va a tutto il Gruppo di Lavoro che si è impegnato in un’attività difficile, con passione e determinazione, accollandosi uno sforzo non indifferente sopportando anche lunghe sedute di dialogo per poter risolvere tutte le problematiche connesse ad un’opera che, tutti ci auguriamo, possa fornire uno stimolo per migliorare la nostra attività.

Il documento, non ha un “senso” di lettura perché, in qualsiasi punto ci si ponga anche con una visuale limitata, può offrire un’informazione utile a chi la ricerchi veramente.

Il consiglio che vi lascio al termine di questo percorso che molto mi ha arricchito è il seguente: “non leggetelo soltanto: applicatelo”

*Se dai un pesce a un uomo,
egli si ciberà una volta sola.
Ma se tu gli insegni a pescare,
egli si nutrirà per tutta la vita.*

(Se tu mi insegni - Kuang-Tsen)

1. CARATTERISTICHE DI UN CAPITOLATO TECNICO E CONTESTO DI RIFERIMENTO

Il presente capitolo raccoglie i principali elementi di riferimento necessari per la comprensione del contesto generale nel quale si inseriscono le Linee guida elaborate. Partendo dal concetto di regola dell'arte, pilastro del patrimonio genetico di progettisti e costruttori, e sulla base dei vincoli normativi attualmente vigenti, sono esposti i contenuti e le caratteristiche del Capitolato Speciale d'Appalto per le opere di costruzione e manutenzione della sovrastruttura stradale.

In sostanza si è cercato di dare una risposta alle prime domande che i soggetti responsabili della redazione di un Capitolato si pongono:

a) perché si deve fare un Capitolato?

b) quali informazioni deve contenere?

c) quale modello di riferimento seguire?

Nella redazione del Capitolato d'appalto il Progettista deve fare particolare attenzione alla legislazione applicabile. Infatti, nell'ambito delle costruzioni stradali il quadro normativo di riferimento è particolarmente complesso in quanto abbraccia un insieme di materie dalla differente natura e competenza. Norme tecniche, norme che regolano i contratti di appalto, norme in materia di idoneità all'utilizzo dei prodotti da costruzione e norme ambientali, nel caso di utilizzo di prodotti riciclati, si intersecano tra loro imponendo al Progettista dell'opera ed al Costruttore una particolare attenzione per assicurare la continua conformità legislativa nelle diverse fasi del processo edilizio, dalla progettazione, alla realizzazione fino alla certificazione di collaudo finale.

Il capitolo non comprende i riferimenti ai temi dell'igiene e sicurezza ed al sistema di autorizzazioni per l'esercizio delle attività di progettazione, costruzione e controllo.

1.1 DALLA REGOLA D'ARTE ALLA SPECIFICA TECNICA

Nella trattativa di settore il riferimento alle modalità esecutive è da sempre diretto alla regola d'arte, genericamente intesa come il livello di massima qualità nella realizzazione di un'opera. Il concetto di regola d'arte è passato da naturale elemento del patrimonio culturale di antichi ed eccellenti costruttori e progettisti a vincolo normativo riportato già nel primo Regolamento dello Stato italiano in materia di costruzioni edilizie (Regio Decreto n. 350 del 25 maggio 1895). Nel tempo il Regolamento è stato sottoposto a diversi aggiornamenti e revisioni, ma è rimasto il riferimento contrattuale di base per tutto l'arco temporale del secolo scorso. Di seguito un estratto significativo:

“Il direttore prenderà la iniziativa di ogni disposizione necessaria, acciocché i lavori a cui è preposto, siano eseguiti a perfetta regola d'arte, ed in conformità dei relativi progetti e contratti”.

L'Appaltatore deve disporre delle capacità tecniche necessarie per l'esecuzione dell'opera assegnata, assicurando l'obbligo del risultato e l'attuazione dello **stato dell'arte** ovvero sia *“lo stadio dello sviluppo, raggiunto in un determinato momento, dalle capacità tecniche relative a prodotti, processi e servizi basate su pertinenti scoperte scientifiche, tecnologiche e sperimentali”* (UNI CEI EN 45020).

Lo stato dell'arte è quindi un concetto in continua evoluzione poiché strettamente correlato con i risultati del progresso scientifico della ricerca, da un lato, e con le innovazioni tecnologiche per la realizzazione, dall'altro. Attualmente, nel campo delle pavimentazioni stradali, i concetti consolidati di "adeguatezza" e di "regola dell'arte" risultano insufficienti per offrire al Committente anche le minime garanzie di soddisfazione delle esigenze. La verifica di buona esecuzione di un'opera non può essere limitata alla discrezionalità individuale, ma deve essere estesa al complesso di evidenze oggettive.

Nell'arco di alcune decine d'anni, anche in Italia, si sono progressivamente sviluppati nuovi strumenti per la caratterizzazione dei prodotti e delle lavorazioni. Dal generico insieme di materiali per le costruzioni stradali si è quindi passati alla definizione specifica dei singoli prodotti che devono essere inglobati nell'opera per soddisfare al meglio le esigenze. Oggi anche i prodotti stradali possono essere definiti attraverso specifiche tecniche che riportano le informazioni in merito alla loro natura, alla variazione di comportamento fisico nelle diverse condizioni di esercizio, alla durata nel tempo ed alla possibilità di riciclo.

Il Progettista dell'opera ha a disposizione una serie articolata di strumenti standardizzati per definire correttamente requisiti e prestazioni di un prodotto in funzione delle esigenze specifiche da soddisfare. La corretta definizione progettuale è alla base dell'efficacia delle verifiche in corso di lavorazione e/o finali attuate dal Direttore dei Lavori e dal Collaudatore.

Tuttavia, per garantire il successo finale è indispensabile che il linguaggio adottato nelle singole fasi del processo sia comune fra tutti i soggetti coinvolti.

1.2 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE DELLE LINEE GUIDA

Le norme vigenti in materia di esecuzione dei lavori pubblici prevedono espressamente l'obbligo di specificare le caratteristiche tecniche delle opere da realizzare e le relative modalità di accertamento. Tale prescrizione si intende soddisfatta dall'adozione del Capitolato Speciale d'Appalto (CSA).

Nel territorio italiano, il settore delle costruzioni stradali ha visto il proliferare di numerosi modelli di Capitolato, in taluni esempi, di elevato contenuto tecnico. Tuttavia si è rilevato che l'attività del Progettista si è spesso ridotta al generico recepimento di prescrizioni senza attuare le necessarie analisi specifiche al singolo intervento. Di fatto la difficoltà di applicazione dei capitolati e la scorretta individuazione delle prescrizioni richieste vanificano il procedimento di verifica della conformità alle reali esigenze per le quali è stata concepita l'opera, sia essa di nuova costruzione che di manutenzione dell'esistente.

Le presenti Linee guida costituiscono un supporto al Progettista incaricato della progettazione di un'opera di costruzione o di manutenzione di una sovrastruttura stradale. Lo scopo principale è quello di accompagnare l'attività di progettazione fornendo gli elementi critici per la corretta analisi delle problematiche e per l'individuazione dei percorsi più adeguati alla loro risoluzione. I temi affrontati e le soluzioni proposte consentono di elaborare la parte tecnica del CSA, così come previsto dalla normativa vigente (vedi paragrafo 1.6). Nell'ambito delle costruzioni stradali sono state considerate solo le opere di realizzazione del rilevato e della sovrastruttura. Più precisamente gli elementi costruttivi specificati sono di seguito elencati:

- rilevato,
- fondazioni stradali e stabilizzazioni,
- strati della pavimentazione in conglomerato bituminoso (di base, di collegamento, di usura),
- trattamenti superficiali,
- strati di interconnessione.

Per la costruzione di questi elementi si è fatto esclusivo riferimento a quei prodotti che sono sostenuti da specifiche normative cogenti di riferimento.

Sulla base della natura tecnica e delle analisi sviluppate è possibile estendere l'applicazione delle presenti Linee guida anche alla formulazione di specifiche tecniche da inserire nei progetti relativi ad opere realizzate a cura di soggetti privati.

1.3 I CONTENUTI DEL CSA

Il Capitolato Speciale d'Appalto deve contenere tutti gli elementi necessari per una compiuta definizione tecnica ed economica delle opere da realizzare. I punti fondamentali che caratterizzano la parte tecnica del Capitolato speciale sono:

- descrizione del prodotto,
- specifiche di prestazione richieste per i materiali costituenti,
- specifiche di prestazione richieste per i prodotti finiti,
- limiti di accettazione,
- modalità di posa in opera,
- modalità di prova,
- norme di misurazione.

Gli schemi di costruzione della specifica tecnica di Capitolato Speciale d'Appalto, proposti nelle presenti Linee guida, consentono di rispondere compiutamente a tali prescrizioni normative.

1.4 LE CARATTERISTICHE DEL CSA

È bene ricordare che il Capitolato speciale d'Appalto deve seguire le corrette modalità di redazione previste per tutti gli elaborati progettuali così da permettere il facile utilizzo ed applicazione da parte di chi esegue, Appaltatore, e di chi controlla, Direzione Lavori e Laboratori di analisi.

Più precisamente la corretta predisposizione di un progetto, compresa la parte tecnica del Capitolato, è fondata sui seguenti criteri:

- chiarezza,
- affidabilità,
- fattibilità,
- completezza.

La documentazione progettuale deve consentire una chiara comunicazione tra i soggetti incaricati; ciò è possibile se ogni elaborato risulta leggibile e facilmente individuabile. L'aspetto più significativo della chiarezza è certamente la coerenza tra le informazioni contenute nei documenti. Infatti, gli elementi tecnici dell'opera descritti nel capitolato speciale devono essere espressi con le medesime connotazioni in tutti gli elaborati, dai particolari costruttivi alle simbologie di riferimento utilizzate.

L'affidabilità di un capitolato d'appalto si basa sulla validità dei dati e dei metodi previsti per la verifica. Gli elementi caratteristici dell'affidabilità sono da ricondurre alla determinazione dei valori iniziali (input della progettazione), alla corretta individuazione dei metodi di prova adottati per le verifiche di conformità ed alla selezione della scelta progettuale più idonea (ad esempio tipo e spessore di uno strato della pavimentazione). L'errore progettuale contenuto nel Capitolato Speciale d'Appalto è fonte di un potenziale contenzioso tra le parti.

Per quanto riguarda il criterio della fattibilità il Progettista deve fare grande attenzione alla corretta sequenza delle lavorazioni; nelle opere che interessano la sovrastruttura stradale gli elementi costruttivi non sono quantitativamente numerosi, ma necessitano di procedure esecutive spesso differenti fra di loro. L'individuazione della metodologia costruttiva ha forti ripercussioni sulla fattibilità delle lavorazioni, in termini di tempi necessari per la realizzazione e di impatto sulla mobilità, specie nei lavori di manutenzione. Non deve essere trascurata la valutazione di eseguibilità in rapporto alla sicurezza degli operatori di cantiere. Infine la completezza di un progetto è da intendersi nel complesso degli elaborati, ma anche nei contenuti del singolo Capitolato Speciale. Per quanto riguarda l'insieme dei documenti, la definizione degli elaborati è definita dalle norme in materia di lavori pubblici (vedi paragrafo 1.6.1) per le singole fasi (preliminare, definitiva, esecutiva) e da specifiche norme relative alla qualificazione e controllo del progetto edilizio (UNI 10722-3). In generale è previsto che ogni elemento costruttivo debba essere identificato nella forma, tipologia, qualità, dimensione e prezzo.

1.5 I MODELLI DI CSA

Come riportato precedentemente il Capitolato Speciale d'Appalto, parte tecnica, è obbligatorio nel caso di contratti per l'esecuzione di opere pubbliche. Tuttavia pur essendo precisati i contenuti del documento, la norma non definisce il grado di approfondimento dei controlli per la verifica di conformità dell'opera al Progetto.

L'approccio nella definizione e controllo dei requisiti tecnici di un'opera può essere basato sulla prescrizione e/o sulla prestazione.

Nel primo caso si intende per prescrizione il valore limite di un requisito specifico o la regola da seguire obbligatoriamente nel processo di realizzazione. La maglia delle prescrizioni può stringersi fino alla determinazione delle singole caratteristiche applicate ad ogni materiale costituente, al processo di produzione, alle modalità di trasporto ed alla messa in opera. Sulla base di riscontri empirici, consolidati nel tempo, si ritiene che la puntuale verifica contrattuale, effettuata scrupolosamente in tutte le fasi della filiera di realizzazione delle opere, conduca al risultato atteso. A titolo di mero esempio, tra le numerose prescrizioni applicabili alle miscele bituminose è possibile citare i seguenti requisiti: l'indice di forma degli aggregati, l'indice di penetrazione del legante, il contenuto di umidità degli aggregati, la copertura con telo degli autocarri, la velocità di avanzamento della vibrofinitrice, la massa del rullo compressore.

Nel secondo caso si intende per prestazione il comportamento del prodotto nella risposta finale alle esigenze stabilite come input della progettazione (vedi paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.). La verifica di conformità dell'opera viene accertata mediante misurazione dei soli parametri finali che determinano il valore delle esigenze predefinite, indipendentemente dai materiali impiegati e dalle procedure adottate. Analogamente con il modello precedente di seguito si riportano alcuni parametri di natura essenzialmente prestazionale: la resistenza alla fatica ed all'accumulo delle deformazioni permanenti (esigenze strutturali), la rugosità superficiale (esigenze funzionali di sicurezza), il livello di consumo energetico (esigenze ambientali).

Le presenti Linee guida offrono al Progettista alcuni elementi di base per individuare il modello di capitolato più idoneo alla specifica opera e definire il grado di approfondimento nella caratterizzazione degli elementi costruttivi e della loro verifica di conformità al progetto (vedi paragrafo Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.).

Per quanto riguarda il controllo dei requisiti e/o delle prestazioni è di fondamentale importanza portare l'attenzione su due concetti:

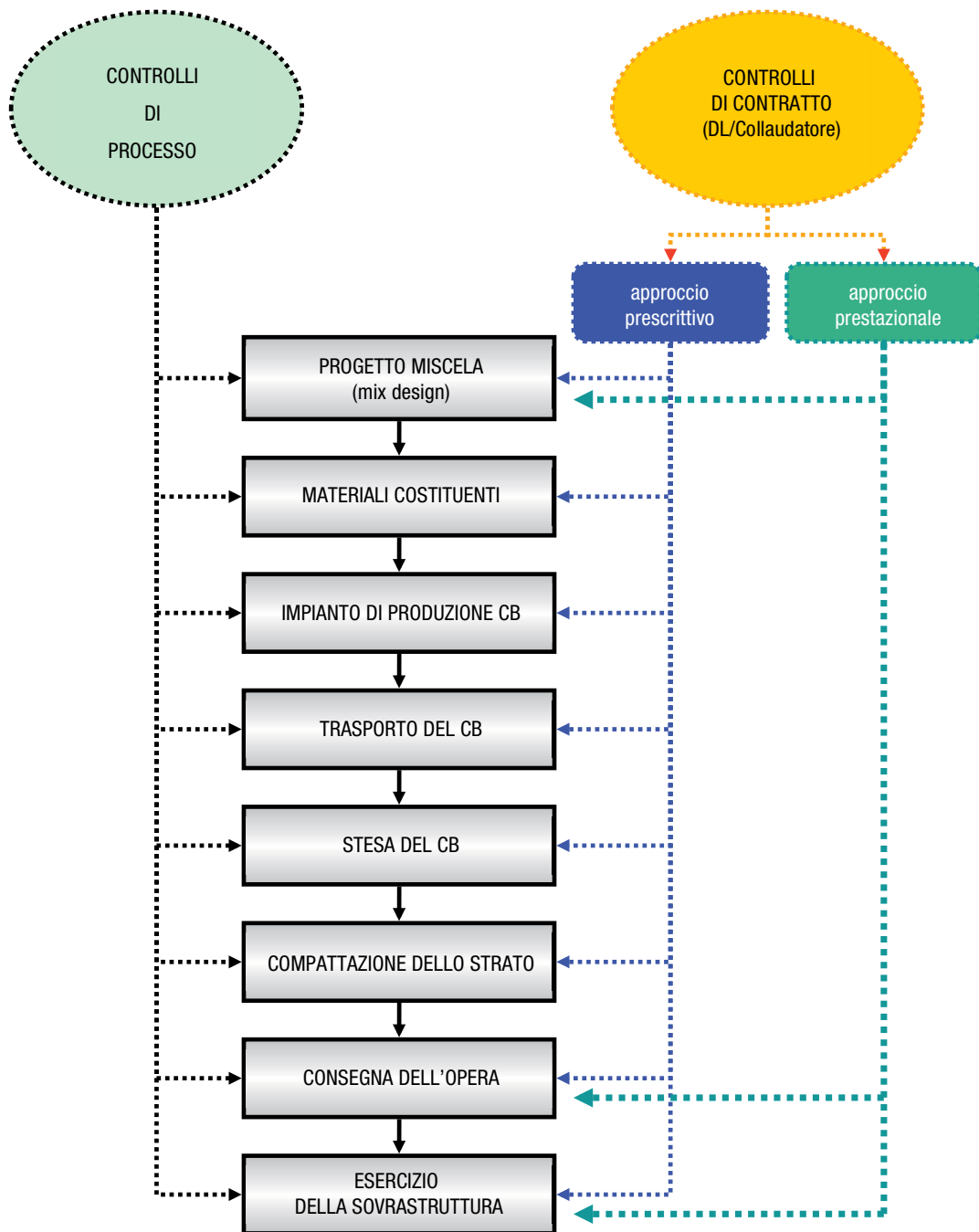
- quantità e qualità dei controlli,
- finalità dei controlli.

Per quanto riguarda la quantità e la qualità dei controlli è bene precisare che la qualità intrinseca dell'opera non è direttamente proporzionale alla somma dei controlli, prescrittivi e prestazionali. Il Progettista che redige il capitolato deve fare attenzione ad individuare i requisiti nella giusta misura ed a definire l'idoneità di una lavorazione o del materiale impiegato in quantità commisurata all'importanza dell'opera ed alle risorse economiche a disposizione, evitando eccessi di prescrizioni da un lato e verifiche insufficienti dall'altro.

Per quanto riguarda la finalità dei controlli, il Capitolato Speciale d'Appalto deve assicurare il raggiungimento delle caratteristiche del progetto ed è interesse dell'Ente Appaltante e dell'Appaltatore attivare le verifiche ed i controlli sui processi di qualifica dei materiali, di produzione e di messa in opera per ottemperare ai requisiti contrattuali. Al fine di assicurare il raggiungimento delle caratteristiche finali definite dal Progettista è interesse dell'Impresa esecutrice attivare le verifiche ed i controlli su materiali e lavorazioni in ogni fase del processo di realizzazione dell'opera. Nel caso di capitolato basato sulle sole verifiche prestazionali dell'opera realizzata assume ancora più importanza la pianificazione ed esecuzione dei controlli interni di processo a cura dell'Impresa finalizzati al raggiungimento delle richieste contrattuali.

Nella figura seguente (Fig. 1) è schematizzata la struttura dei controlli suddivisa nei controlli interni di processo, a cura dell'Impresa, e nei controlli di contratto previsti nella parte tecnica del Capitolato Speciale d'Appalto, eseguiti a cura della Direzione dei lavori e dal Collaudatore delle opere realizzate.

Fig. 1 - Struttura dei controlli



2. PECULIARITÀ DEL CAPITOLATO SPECIALE D'APPALTO - Parte tecnica

In linea generale, i contenuti del Capitolato Speciale d'Appalto e del Contratto sono definiti dalle norme vigenti in materia di appalti e contratti e possono dipendere dal sistema di affidamento, dal livello della progettazione e dalle specifiche soluzioni tecnologiche individuate per la realizzazione dell'opera. Ne deriva il carattere "speciale" dell'insieme di prescrizioni-prestazioni tecniche assegnate al singolo intervento costruttivo. Il Progettista deve quindi redigere un Capitolato sulla base delle soluzioni tecniche individuate per ogni singolo elemento che compone l'organismo edilizio.

Il Capitolato Speciale d'Appalto, parte tecnica, assume un'importanza decisiva nel contesto del progetto stesso essendo il documento che definisce l'opera nei suoi aspetti qualitativi specificando provenienza e caratteristiche dei materiali e metodologie esecutive. La centralità attribuita impone, di fatto, l'integrazione con tutti gli elaborati progettuali (ad esempio: relazioni, computi metrici, tavole progettuali, descrizione di particolari esecutivi).

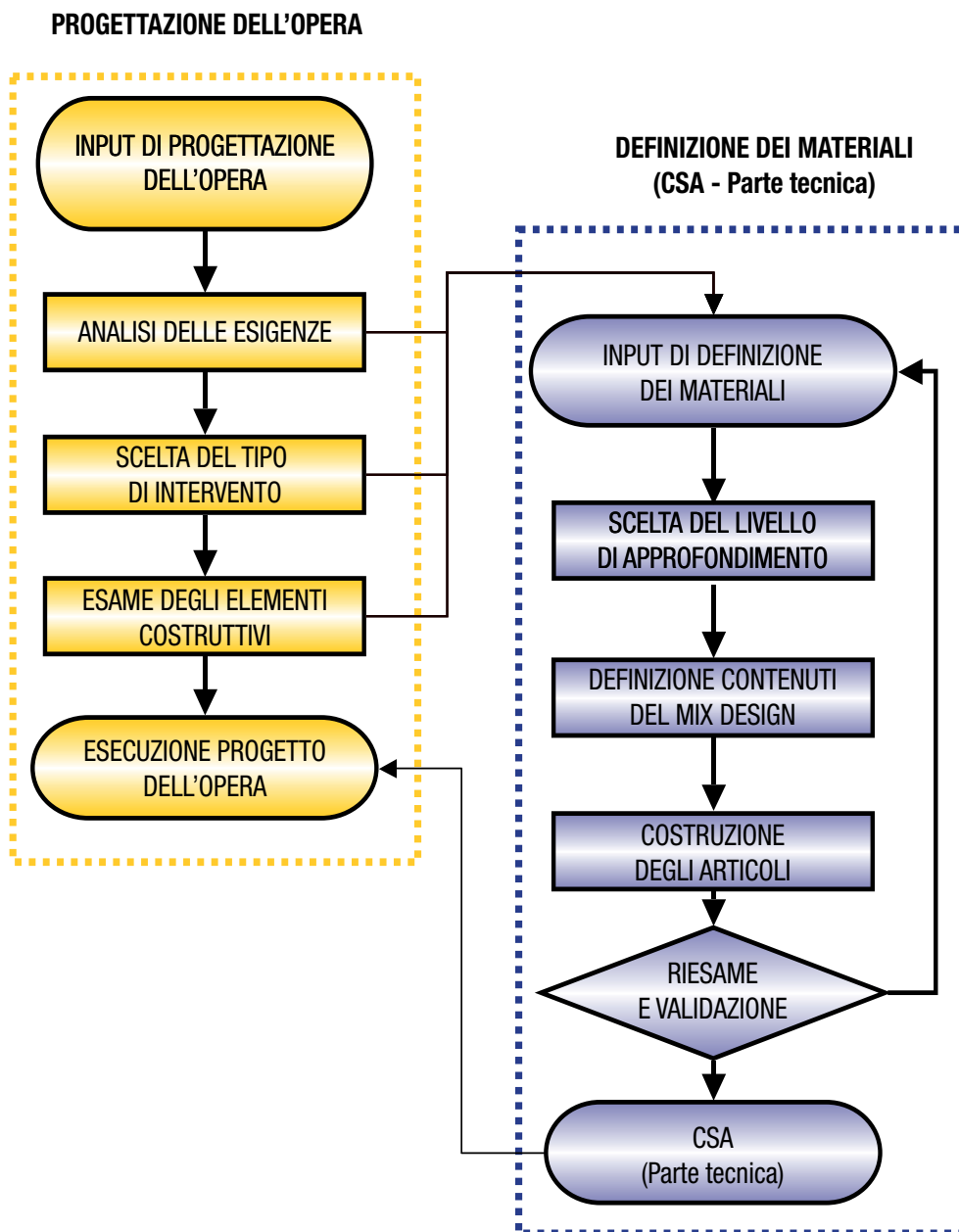
I lavori relativi alla costruzione e manutenzione della sovrastruttura stradale possono essere oggetto di specifici interventi di progettazione ed esecuzione o possono essere parte di un insieme articolato di interventi costruttivi. In tutti i casi, le opere di pavimentazione stradale sono ancora oggi ritenute delle opere appartenenti alla generica categoria delle costruzioni stradali pur essendo interventi con un elevato contenuto di specializzazione tecnica.

Lo sviluppo di nuovi materiali e tecnologie, da un lato, e la necessità di caratterizzare i materiali con nuove procedure di matrice comunitaria, dall'altro, presuppongono che il Progettista disponga ora di conoscenze specifiche per la redazione di un Capitolato speciale che descriva compiutamente materiali e lavorazioni. Il presente capitolo offre al Progettista, redattore del Capitolato Speciale d'Appalto, gli elementi fondamentali per la corretta caratterizzazione dei materiali e per l'adeguata esecuzione dei controlli su prodotti e lavorazioni. Le analisi elaborate si basano sulla determinazione che l'intervento sulla sovrastruttura sia parte di una rete complessa di relazioni tra le esigenze da soddisfare, da un lato, e le priorità nella definizione dei requisiti da richiedere e verificare.

La definizione della Parte tecnica del Capitolato Speciale d'Appalto è concepita come un insieme di fasi descritte per singoli processi. Il Progettista dell'opera e/o della pavimentazione potrà seguire il percorso suggerito apportando le necessarie modifiche finalizzate a rispondere compiutamente alle esigenze specifiche dell'intervento costruttivo. L'intento di base è quello di fornire un quadro complessivo di elementi per dare completa attuazione alle caratteristiche del Capitolato (vedi paragrafo 1.4).

Nel seguente diagramma di flusso (Fig. 2) è evidenziata la sequenza delle attività principali e sono indicate le connessioni tra la progettazione complessiva dell'opera e la definizione dei materiali:

Fig. 2 - Diagrammi di flusso ed interazione tra progettazione e costruzione del CSA



3. DEFINIZIONE & PECULIARITÀ

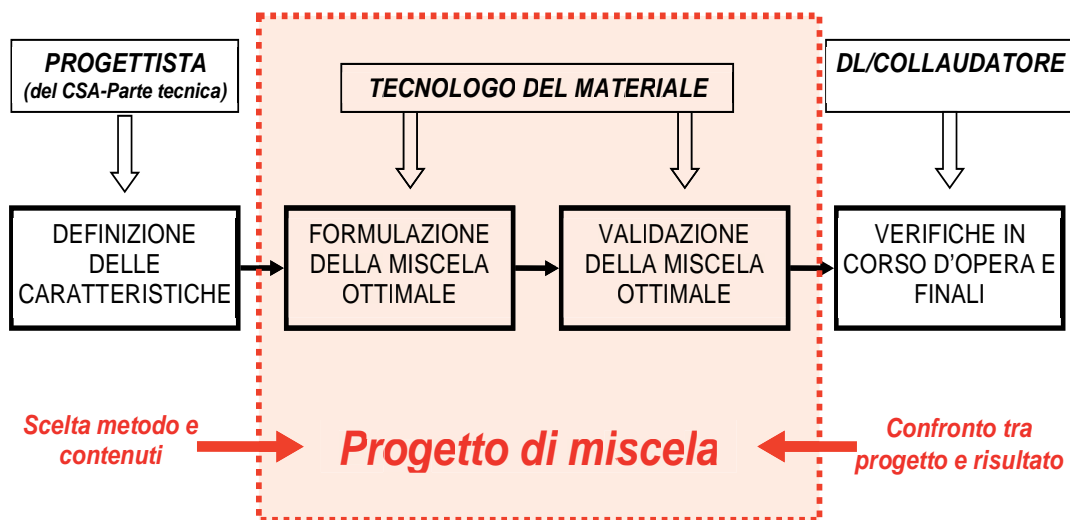
Con “progetto della miscela” (mix design) si intende l’insieme di attività di studio e di laboratorio che consente di definire la composizione di una miscela, nel rispetto delle prescrizioni di capitolato e delle prestazioni richieste nel progetto esecutivo. La proporzione dei costituenti, nota come “ricetta” di una miscela (mix proportion), è il risultato finale di una serie di attività complesse che implicano la conoscenza approfondita delle tecnologie produttive e costruttive, delle proprietà dei materiali e delle procedure di prova per la determinazione delle grandezze.

Il Capitolato Speciale d’Appalto rappresenta l’anello di collegamento tra il progetto dell’opera ed il progetto delle miscele poiché in esso vengono identificati i materiali richiesti per la realizzazione dell’opera attraverso opportuni parametri e intervalli di accettazione che sono commisurati alle prestazioni secondo il livello di accuratezza scelto. L’abilità del progettista sta nell’adattare il Capitolato al tipo di intervento, al traffico, alle condizioni climatiche e ambientali, interpretando le esigenze del progetto stradale.

Per quanto riguarda i materiali che derivano da un processo di produzione in fabbrica come conglomerati bituminosi, calcestruzzi, misti granulari, misti cementati, o un processo di trattamenti in sito o in impianto come la stabilizzazione delle terre, il Capitolato deve fornire la linea guida su cui si basa lo studio della miscela ottimale in termini di composizione e proprietà meccaniche, precisando la metodologia e le tecnologie necessarie alla composizione del prodotto.

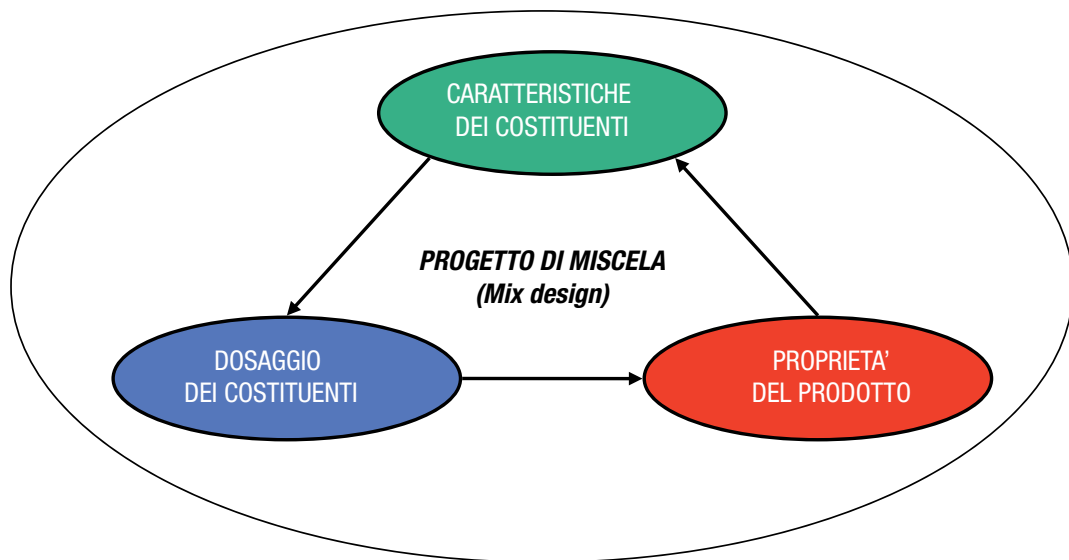
Nella seguente figura (Fig. 4) sono schematizzate le relazioni reciproche tra lo studio di miscela ed i soggetti responsabili:

Fig. 4 - Interazione funzionale con il progetto delle miscele



Il progetto di miscela si basa sulle correlazioni tra le proprietà dei materiali costituenti, il loro dosaggio e le caratteristiche del prodotto (in produzione e/o in opera) all’interno dell’ambiente (condizioni al contorno) e degli input di progetto.

Fig. 5 - Correlazione mix design - prodotti



Come per i materiali con applicazioni strutturali riconosciuti dalle Norme tecniche vigenti (ad esempio: calcestruzzo, acciaio, legno), anche per i materiali impiegati nella costruzione e manutenzione del corpo stradale si possono individuare tre principali proprietà: lavorabilità, resistenza e durabilità. A minime variazioni quantitative e/o qualitative dei costituenti possono corrispondere effetti differenti (migliorativi o peggiorativi) sulle proprietà. Il processo di studio della miscela è basato sulla sperimentazione, sulla verifica dei risultati e conseguente validazione dei materiali e dei procedimenti. Si precisa che, nello specifico dei prodotti impiegati nelle sovrastrutture, la "resistenza" è una proprietà che comprende le caratteristiche meccaniche e funzionali.

Nell'ambito delle diverse responsabilità assegnate, il Progettista deve definire con precisione le caratteristiche dei materiali e delle lavorazioni, siano di nuova costruzione o di manutenzione dell'esistente, conoscendo le modalità di formulazione di una miscela e di controllo dei materiali e delle lavorazioni. Il Costruttore deve avvalersi di figure professionali competenti (tecnologo dei materiali) in grado di sommare la formazione tecnica specifica sui materiali, alla capacità di eseguire, dirigere ed interpretare prove di laboratorio, alla conoscenza relativa alla posa in opera ed alla cantierizzazione dei materiali stessi, e alla conoscenza del progetto nei suoi lineamenti generali e particolari. Infine, il Responsabile dei controlli in corso d'opera e finali deve conoscere i criteri di base definiti per la caratterizzazione dei materiali e le procedure di formulazione della miscela.

4. LA COSTRUZIONE DI UN CAPITOLATO D'APPALTO

4.1 PREMESSA DEL CAPITOLO

La parte tecnica del Capitolato Speciale di Appalto comprende le definizioni, le regole e le norme che governano il processo produttivo dei materiali e del processo esecutivo. Il Capitolato deve integrarsi perfettamente al contesto del progetto esecutivo, deve prevedere i metodi di controllo in conformità alle norme vigenti e definire i requisiti necessari per caratterizzare le prestazioni dei materiali e dell'opera finita. In considerazione della tipologia specialistica delle lavorazioni e della continua evoluzione tecnologica del settore, si impone un continuo aggiornamento delle regole per il controllo, il collaudo e per la determinazione delle penalità, in caso di difformità esecutive.

Il Capitolato tecnico di un'opera, parte integrante del contratto, è redatto dal Progettista incaricato che deve correlare le esigenze progettuali con le modalità di costruzione attraverso un percorso critico di analisi e di motivazione delle scelte tecniche. L'adeguatezza di un capitolato si misura con il raggiungimento degli obiettivi attesi (esigenze progettuali), da un lato, e con l'applicabilità delle prescrizioni per la caratterizzazione e controllo delle opere, dall'altro.

Nei capitoli precedenti sono stati affrontati i temi relativi alla conoscenza delle tematiche generali e particolari, ai contenuti dei documenti ed al processo intellettuale di analisi ed elaborazione delle prescrizioni commisurate allo specifico intervento costruttivo.

Il presente capitolo, invece, sintetizza i principi in un modello operativo che accompagna il Progettista nella fase concreta di redazione della parte tecnica del Capitolato Speciale d'Appalto relativo alle opere di pavimentazione stradale.

IL MODELLO PROPOSTO

Il modello di struttura proposto è di tipo classico ed è stato articolato secondo il seguente schema:

SPECIFICA TECNICA DI CAPITOLATO

Art. 1 - Descrizione

Art. 2 - Caratteristiche dei materiali costituenti

Art. 3 - Caratteristiche della miscela

Art. 4 - Progetto della miscela

Art. 5 - Modalità di trasporto, produzione e posa in opera

Art. 6 - Caratteristiche dello strato

Il Progettista potrà elaborare la singola specifica tecnica riferendosi alla parte del capitolo dedicata all'elemento costruttivo al quale appartiene la lavorazione.

Sulla base del criterio adottato (vedi paragrafo 2.4.2) gli elementi costruttivi sono suddivisi, in:

1. materiali per rilevati e fondazioni;
2. materiali stabilizzati;
3. conglomerati bituminosi;
4. trattamenti superficiali e micro tappeti a freddo;
5. strati di interconnessione.

I CONTENUTI

Per ogni elemento costruttivo sono riportate tre parti di testo con specifici contenuti ed utilizzi:

- a. descrizione;
- b. corpo del testo;
- c. nota SITEB.

Nello schema seguente è riportato, a titolo di esempio, un estratto del testo con la descrizione del significato e dell'utilizzo.

PARTE	CONTENUTI	UTILIZZO
a) Descrizione	Inquadramento dell'argomento	Il Progettista può trovare le informazioni per una corretta collocazione ed interpretazione del significato
b) Corpo del testo	Testo proposto da inserire nel Capitolato	Il Progettista può disporre di una base del testo da utilizzare nella composizione del Capitolato
c) nota SITEB	Interpretazioni di merito	Nei casi più significativi, SITEB suggerisce un'interpretazione per la corretta applicazione dei requisiti

Le parti di "descrizione" (a) forniscono le informazioni ritenute utili alla corretta interpretazione ed applicazione dei requisiti. A seconda del livello di formazione posseduto, il Progettista potrà acquisire gli elementi conoscitivi di base per consolidare le proprie conoscenze iniziali o cogliere elementi per ulteriori approfondimenti.

L'unione delle parti denominate "corpo di testo" (b) formerà l'articolo del Capitolato riferito alla singola specifica tecnica.

Qualora fosse ritenuto opportuno aggiungere alla descrizione dei contenuti anche strumenti di valutazione, laddove le stesse norme necessitano di elementi interpretativi per la corretta applicazione o dove è indispensabile puntualizzare l'attenzione per chiarire potenziali incomprensioni e dubbi di interpretazione. Tali parti di testo sono individuate come "Nota SITEB" (c).

Infine, a completamento delle informazioni relative all'assegnazione dei valori riferiti ai singoli requisiti, il Progettista potrà consultare le schede del requisito (Allegato B) dove sono riportate tutte le informazioni disponibili per la corretta comprensione del significato, delle norme di riferimento e della gamma di valori consigliati.

Allegato A Norme di riferimento

Nel seguente allegato sono elencate tutte le Norme che fanno riferimento ai requisiti dei materiali così come sono caratterizzati nelle specifiche di accettazione (Leggi dello Stato e/o Norme di idoneità all'utilizzo).

L'elenco è organizzato in tabelle ciascuna riferentesi ad una singola categoria di materiali (PRODOTTO) e della quale sono specificati i documenti all'interno dei quali si possono individuare i requisiti (NORME DI ACCETTAZIONE).

Poiché la Normativa di riferimento è un complesso in continua evoluzione e trasformazione si è ritenuto utile accompagnare le Norme di accettazione con l'anno di emissione del testo al fine di fissare l'immagine dei requisiti in essa rappresentati.

Non altrettanto si è voluto fare per le Norme che definiscono i requisiti (NORME PER LA DETERMINAZIONE DEI REQUISITI) in quanto esse devono essere considerate nella loro revisione più recente ed eventualmente aggiornata con le "errata corrige" (EC) emesse.

Da ultimo per praticità di interpretazione e lettura i requisiti sono stati suddivisi in categorie sulla base del loro carattere attributivo: GENERALI, FISICI, MECCANICI e CHIMICI.

L'elenco si riferisce ai seguenti prodotti:

1. Misto granulare non legato
2. Misto granulare legato e non legato
3. Aggregati leggeri
4. Aggregati lapidei
5. Bitume tal quale
6. Bitume modificato
7. Emulsioni bituminose cationiche
8. Conglomerati bituminosi prodotti a caldo
9. Trattamenti superficiali di irruvidimento
10. Trattamenti superficiali con malte a freddo

PRODOTTO	NORME DI ACCETTAZIONE
MISTO GRANULARE NON LEGATO	UNI EN 13285:2004 *

NORME PER LA DETERMINAZIONE DEI REQUISITI		
TITOLO	ENTE	NUMERO
CATEGORIA: REQUISITI GENERALI		
Aggregati per materiali non legati e legati con leganti idraulici per l'impiego in opere di ingegneria civile e nella costruzione di strade	UNI EN	13242
Miscele non legate - Specifiche	UNI EN	13285
CATEGORIA: REQUISITI GEOMETRICI		
Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della distribuzione granulometrica - Analisi granulometrica per staccatura.	UNI EN	933-1
Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di appiattimento	UNI EN	933-3
Prove per determinare le caratteristiche geometriche degli aggregati - Determinazione della forma dei granuli - Indice di forma	UNI EN	933-4
CATEGORIA: REQUISITI FISICI		
Prove per determinare le proprietà meccaniche e fisiche degli aggregati - Parte 2: Metodi per la determinazione della resistenza alla frammentazione	UNI EN	1097-2
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	MIN. AMB. E TUTELA TERRITORIO	D.M. 05.04.2006 n. 186
Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 1: Metodi di prova della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Introduzione, requisiti generali e campionamento	UNI EN	13286-1
Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 2: Metodi di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Costipamento Proctor	UNI EN	13286-2
Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Metodo di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Vibrocompressione a parametri controllati	UNI EN	13286-3
Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Metodo di prova per la determinazione della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Martello vibrante	UNI EN	13286-4
Miscele non legate e legate con leganti idraulici - Parte 5: Metodi di prova della massa volumica e del contenuto di acqua di riferimento di laboratorio - Tavola vibrante	UNI EN	13286-5
CATEGORIA: REQUISITI CHIMICI		
Prove per determinare le proprietà chimiche degli aggregati - Parte 1: Analisi chimica	UNI EN	1744-1

* per aggregati riciclati è richiesta l'accettazione in conformità alla Circolare Ministeriale n. 5205 del 15 luglio 2005

Allegato B Schede Requisito

Nel seguente allegato sono riportate le schede di tutti i requisiti applicabili. Al fine di illustrare compiutamente i requisiti ogni scheda è suddivisa in 5 blocchi di informazione. Nel primo blocco oltre ad un codice alfanumerico, utile per classificare il requisito, viene indicata l'esatta denominazione del requisito associata alla categoria di materiale ed al tipo di campione ai quali è applicabile.

Per le schede relative ai requisiti prestazionali è omessa la casella relativa al tipo di campione di riferimento sostituita con un'immagine dell'apparecchiatura o del sistema di misura del requisito.

Il secondo blocco raccoglie le informazioni necessarie alla determinazione della grandezza, quali:

- descrizione del requisito: generalmente racchiude in forma sintetica quanto riportato dalla norma di riferimento;
- norma: è indicata la norma o le norme che regolano la determinazione del requisito;
- simbolo: se esiste, rappresenta l'indicazione del requisito;
- unità di misura: indica l'unità di misura, definita dalla Norma, per misurare il requisito;
- categoria: in questo box sono elencate le varie suddivisioni di valore previste dalle Norme per lo specifico requisito.

Nel terzo blocco si trova una serie di informazioni utili a comprendere il significato e l'utilizzo del requisito, nel tentativo di meglio chiarire il suo campo e le modalità di applicazione.

Nel quarto blocco è rappresentato il grado di correlazione del requisito con le prestazioni dell'elemento costruttivo nel quale è utilizzato il materiale caratterizzato da quel requisito.

Per quanto riguarda i gradi di correlazione tra i requisiti e le prestazioni si fa riferimento ai seguenti valori con relativa simbologia:

alto	A
basso	B
nullo	N

Infine, nell'ultimo blocco sono indicati i valori o le categorie di valore che SITEB, attraverso gli estensori del presente documento, ritiene di poter suggerire come richiesta minima per il requisito in funzione dell'elemento costruttivo o del materiale selezionato e di una suddivisione delle strade in base alla loro importanza. In alcuni casi possono non essere presenti indicazioni di valore; in tal caso l'omissione può essere dovuta alla mancanza di esperienza nazionale nella misura del requisito o in una variabilità eccessiva del valore, dovuta alla diversità dei materiali, che non ne permette una valorizzazione univoca.

Per facilitare la comprensione ed applicazione delle schede si riporta di seguito l'elenco requisiti esaminati, con l'aggiunta dei diversi colori utilizzati per le relative schede:

MATERIALE	CODICE SCHEDA	REQUISITO
TERRE	T01	Classificazione
	T02	Consumo iniziale di calce
	T03	Contenuto di cloruri e solfati
	T04	Contenuto di legante
	T05	Contenuto di sostanza organica
	T06	Distribuzione granulometrica
	T07	Limiti di Atterberg
	T08	Rigonfiamento lineare
	T09	Rigonfiamento volumetrico
	T10	Contenuto d'acqua
	T11	Massa volumica
	T12	Grado di costipamento
	T13	Indice di portanza CBR
	T14	Indice di portanza immediato
	T15	Modulo di deformazione
	T16	Grado di polverizzazione
	T17	Resistenza a compressione
	T18	Resistenza a trazione indiretta
	T19	Costipabilità
	T20	Caratteristiche chimico-fisiche
	T21	Caratteristiche
	T22	Test di cessione
AGGREGATI	A01	Distribuzione granulometrica
	A02	Indice di appiattimento
	A03	Indice di forma
	A04	Qualità dei fini
	A05	Resistenza alla frammentazione (LA)
	A06	Resistenza alla levigazione
	A07	Resistenza all'abrasione superficiale
	A08	Resistenza al gelo e disgelo
	A09	Resistenza allo choc termico
	A10	Affinità tra aggregato e bitume
	A11	Numero di bitume
	A12	Superficie specifica Blaine
	A13	Porosità del filler Rigden
	A14	Anello e palla
	A15	Solubilità in acqua
	A16	Reattività all'acqua
	A17	Percentuale di superfici frantumate
	AL01	Altezza di suzione
	AL02	Resistenza alla frantumazione
AL03	Assorbimento d'acqua	

MATERIALE	CODICE SCHEDA	REQUISITO
LEGANTI	B01	Penetrazione con ago
	B02	Punto di rammollimento
	B03	Punto di rottura Fraass
	B04	Viscosità dinamica
	B05	Viscosità cinematica
	B06	Resistenza all'indurimento - metodo RTFOT
	B07	Solubilità punto di infiammabilità - metodo Cleveland
	B08	Stabilità allo stoccaggio
	B09	Coesione
	B10	Ritorno elastico
	B11	Elastoplasticità
	B12	Viscosità dinamica
	E01	Contenuto d'acqua
	E02	Contenuto di legante
	E03	Residuo alla setacciatura e stabilità allo stoccaggio
	E04	Tendenza alla sedimentazione
	E05	Comportamento a rottura
	E06	Polarità
	E07	Proprietà percettibili
E08	Adesività	
E09	Viscosità	
CONGLOMERATI BITUMINOSI	C01	Composizione granulometrica
	C02	Contenuto di legante solubile
	C03	Contenuto di vuoti residui
	C04	Temperatura della miscela
	C05	Perdita di particelle
	C06	Drenaggio del legante permeabilità
	C07	Resistenza a trazione indiretta
	C08	Permeabilità
	C09	Resistenza a trazione indiretta
	C10	Sensibilità all'acqua
	C11	Rigidità
	C12	Resistenza alla deformazione permanente - ormaiamento
	C13	Resistenza alla deformazione permanente - creep
	C14	Resistenza a fatica
	C15	Spessore
REQUISITI PRESTAZIONALI	P01	Aderenza trasversale
	P02	Attrito radente
	P03	Irregolarità
	P04	Macrorugosità - metodo dell'altezza in sabbia
	P05	Macrorugosità - metodo del profilo metro laser
	P06	Modulo dinamico - capacità portante FWD
	P07	Permeabilità
	P08	Rumore di passaggio
	P09	Rumore di rotolamento
	P10	Spessore
	P11	Indicatore strutturale - capacità portante
	P12	Modulo dinamico - capacità portante LWD

CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
T01	TERRA DA TRATTARE E TERRA TRATTATA	CLASSIFICAZIONE	Terra sciolta

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA

DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	CATEGORIA
Il requisito permette di attribuire una categoria univocamente definita ad una terra naturale o trattata sulla base della distribuzione granulometrica e delle caratteristiche di plasticità (limite liquido e indice plastico).	UNI EN ISO 14688-1-2	-	-	LBo, Bo, Co, Gr, CGr, MGr, FGr, Sa, CSa, MSa, FSa, Si, Csi, Msi, FSi, Ci
	AASHTO Soil Classification System			A-1a, A-1b, A-3, A-2-4, A-2-5, A-2- 6, A-2-7, A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA

La classificazione è una modalità pratica e universalmente conosciuta di identificare in modo sintetico una terra da utilizzarsi come materiale da costruzione. Fornisce una prima informazione sulla fattibilità del suo impiego e dell'eventuale stabilizzazione con leganti idraulici. In particolare il trattamento di stabilizzazione a calce espleta la sua maggiore efficacia con terre dei gruppi A-6 e A-7 (HRB - AASHO M 145-49), mentre quello con cemento è particolarmente indicato per terre del gruppo A-4. In Italia le terre sono tradizionalmente classificate secondo il sistema HRB - AASHO M 145-49 recepito dalla Norma UNI 10006, attualmente ritirata e sostituita dalla UNI EN ISO 14688-1, che è raramente applicata. La classificazione deve essere valutata su un opportuno numero di campioni rappresentativi della composizione litologica del volume di terreno destinati all'utilizzo o all'intervento di stabilizzazione.

GRADO CORRELAZIONE

(tra il requisito e le prestazioni dell'elemento costruttivo)

PRESTAZIONI STRUTTURALI		PRESTAZIONI FUNZIONALI			PRESTAZIONI AMBIENTALI		
portanza	durabilità	aderenza	regolarità	permeabilità	riduzione rumore	riciclaggio	costo ciclo di vita
A	A	N	B	A	N	N	B

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB

STRATO	TIPO	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
sottofondo	terreni naturali	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄
	stabilizzazione a cemento e/o calce	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆ - A ₇	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆ - A ₇	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆ - A ₇
fondazione	misto granulare	A _{1-a}	A _{1-a}	A _{1-a}
	misto cementato	A _{1-a}	A _{1-a}	N.A.
	stabilizzazione a cemento e/o calce	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆	A ₁ - A ₂ - A ₃ - A ₄ - A ₅ - A ₆

CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
A01	AGGREGATI LAPIDEI AGGREGATI LEGGERI AGGREGATI ARTIFICIALI	DISTRIBUZIONE GRANULOMETRICA (GRANULOMETRIA)	Aggregato grosso Aggregato fine Frazione unica

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA

DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	CATEGORIA
Il requisito ha lo scopo di descrivere l'aggregato in termini di dimensioni definendo la distribuzione granulometrica dei granuli a seconda della quantità passante ad una serie di setacci normalizzati. Tutti gli aggregati sono designati in base alla loro dimensione inferiore (d) ed alla loro dimensione superiore (D).	UNI EN 933-1	G	%	La categoria G riporta come pedice l'indicazione del tipo di aggregato (C=grosso; F=fine; A=frazione unica) corredato da due numeri rappresentanti la % min. di passante a D e la max a d. <i>Es. G_{85/20}: aggregato grosso con passante minima a D pari a 85% e max. a d del 20%</i>

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA

La granulometria è valutata attraverso l'uso di serie (pile) di setacci (maglie quadre) standardizzati. La Norma stabilisce una serie base. La prova viene effettuata per raggruppare in classi di grandezza le particelle costituenti il campione di aggregato in esame. Di ogni classe viene determinata la percentuale in peso rispetto al peso iniziale del campione. La rappresentazione grafica (grafico semilogaritmico) di dette frazioni in funzione delle rispettive classi permette di tracciare delle curve granulometriche dall'andamento delle quali è possibile comprendere se l'aggregato ha una distribuzione omogenea (curva continua) o discontinua. La categoria può essere usata per valutare le quantità di sopravvaglio e sottovaglio presenti in una frazione. Ne consegue che G_{90/10} sia migliore di G_{85/20} perché fornisce un aggregato più omogeneo all'interno della classe d/D e, quindi, più facilmente utilizzabile per comporre miscele. Nella pratica corrente è consuetudine trattare le frazioni granulometriche sulla base della classificazione dei diametri inferiore e superiore (es. 4/8, 0/15, ecc.).

GRADO CORRELAZIONE (tra il requisito e le prestazioni dell'elemento costruttivo)

PRESTAZIONI STRUTTURALI		PRESTAZIONI FUNZIONALI			PRESTAZIONI AMBIENTALI		
portanza	durabilità	aderenza	regolarità	permeabilità	riduzione rumore	riciclaggio	costo ciclo di vita
N	A	N	N	N	N	N	N

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB

STRATO	TIPO	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
sottofondo	terreni naturali	-	-	-
	stabilizzazione a cemento e/o calce	-	-	-
fondazione	misto granulare	-	-	-
	misto cementato	-	-	-
	stabilizzazione a cemento e/o calce	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di base alto modulo (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di collegamento alto modulo (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di usura drenante con bitume modificato (UNI EN 13108-7)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di usura SMA con bitume modificato (UNI EN 13108-5)	-	-	-
	Conglomerato bituminoso per strato di usura sottili con bitume modificato (UNI EN 13108-2)	-	-	-
	Trattamenti superficiali / Slurry seal	-	-	-

CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
B01	BITUMI E LEGANTI BITUMINOSI	PENETRAZIONE CON AGO	Bitume tal quale Bitume modificato Bitume estratto da conglomerato Bitume estratto da emulsione Bitume dopo RTFOT

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA				
DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	CATEGORIA
Il requisito definisce la consistenza del bitume a temperatura ambiente (convenzionalmente 25° C), misurando di quanto penetra verticalmente un ago standard sotto un carico fisso entro un certo tempo	UNI-EN 1426	Pen.	0,1 mm	UNI/TR 11361: Gradazione 20/30 Gradazione 35/50 Gradazione 50/70 Gradazione 70/100 Gradazione 160/220 <i>* valide per bitumi tal quali</i>

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA
La penetrazione dà una misura della consistenza del bitume: più è elevata la penetrazione più il bitume è tenero, più è bassa più il bitume è duro. La scelta di utilizzo di un bitume tenero o duro è in funzione della temperatura di esercizio e dei carichi a cui sarà sottoposta la pavimentazione: Bitume più molle per climi rigidi e strade a basso traffico; bitume più duro per climi caldi e strade ad alto traffico. Per i bitumi stradali questa caratteristica costituisce la base della terminologia tecnico-commerciale per distinguere le varie gradazioni di bitume

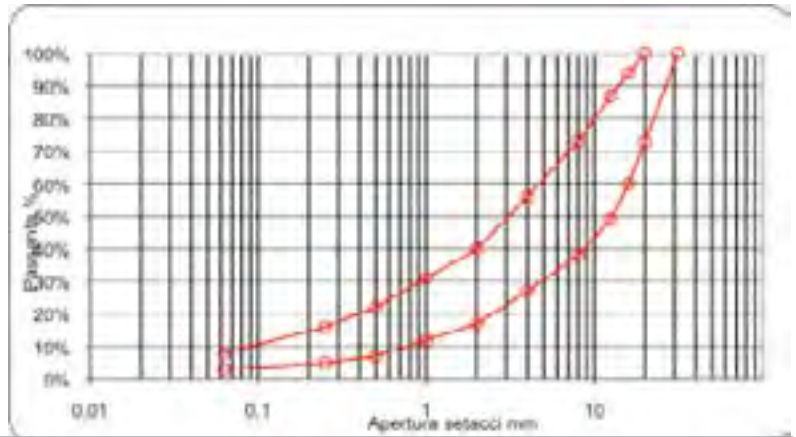
GRADO CORRELAZIONE (tra il requisito e le prestazioni dell'elemento costruttivo)							
PRESTAZIONI STRUTTURALI		PRESTAZIONI FUNZIONALI			PRESTAZIONI AMBIENTALI		
portanza	durabilità	aderenza	regolarità	permeabilità	riduzione rumore	riciclaggio	costo ciclo di vita
A	B	N	N	N	N	N	N

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB				
STRATO	APPLICAZIONE	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)		35/50-50/70	50/70	50/70-70/100
Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume modificato (UNI EN 13108-1)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)
Conglomerato bituminoso per strato di base alto modulo (UNI EN 13108-1)		10-40 (cl.2)	10-40 (cl.2)	10-40 (cl.2)
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)		35/50-50/70	50/70	50/70-70/100
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume modificato (UNI EN 13108-1)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento alto modulo (UNI EN 13108-1)		10-40 (cl.2)	10-40 (cl.2)	10-40 (cl.2)
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)		35/50-50/70	50/70	50/70-70/100
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume modificato (UNI EN 13108-1)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)
Conglomerato bituminoso per strato di usura drenante con bitume modificato (UNI EN 13108-7)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)
Conglomerato bituminoso per strato di usura SMA con bitume modificato (UNI EN 13108-5)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)
Conglomerato bituminoso per strato di usura sottile con bitume modificato (UNI EN 13108-2)		45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)	45-80 (cl.4)

N.B. I valori suggeriti si riferiscono al bitume di produzione e non al bitume di recupero dal conglomerato.
I valori che si ottengono dal bitume estratto da conglomerato non sono rappresentativi delle caratteristiche originarie del bitume utilizzato in fase di produzione.

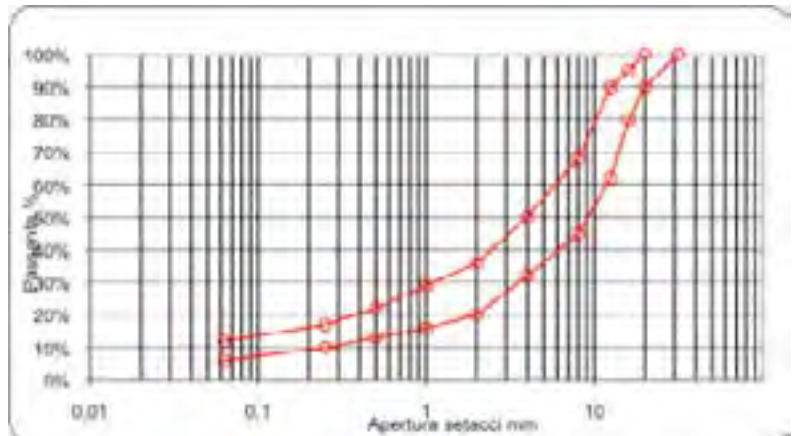
FUSO A

Setaccio (mm)	% passante	
31.5	100%	100%
20	73%	100%
16	60%	94%
12.5	49%	87%
8	38%	73%
4	27%	56%
2	17%	40%
1	12%	31%
0.5	7%	22%
0.25	5%	16%
0.063	3%	8%



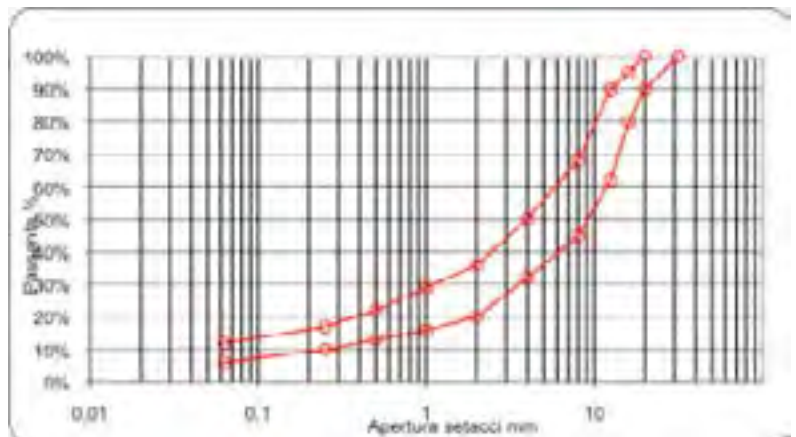
FUSO B

Setaccio (mm)	% passante	
31.5	100%	100%
20	90%	100%
16	80%	95%
12.5	62%	90%
8	45%	68%
4	32%	50%
2	20%	36%
1	16%	29%
0.5	13%	22%
0.25	10%	17%
0.063	6%	12%



FUSO C

Setaccio (mm)	% passante	
31.5	100%	100%
20	90%	100%
16	75%	100%
12.5	61%	90%
8	48%	71%
4	30%	54%
2	20%	40%
1	14%	30%
0.5	8%	22%
0.25	5%	16%
0.063	4%	8%



CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
C02	CONGLOMERATO BITUMINOSO	CONTENUTO DI LEGANTE SOLUBILE	Conglomerato sciolto Carota o Tassello

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA

DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM	CATEGORIA
Il requisito definisce la quantità di legante presente nella miscela bituminosa e riferito al peso della stessa, determinata mediante estrazione con solvente.	UNI EN 12697-1 (distillazione) UNI EN 12697-39 (ignizione)	B	%	UNI EN 13108-1 Tab 13 UNI EN 13108-2 Tab 3 UNI EN 13108-5 Tab 4 UNI EN 13108-6 Tab 4 UNI EN 13108-7 Tab 3

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA

L'eccesso di bitume può condurre a fenomeni di rifluimento ed eccessivo scorrimento tra i granuli a scapito della stabilità della miscela; la carenza di bitume significa un ricoprimento parziale della superficie degli aggregati con conseguente assenza di legame tra i granuli che può portare a fenomeni di disgregazione. Il contenuto di legante solubile, definito nello studio di formulazione, deve essere confrontato con il contenuto ottimale. La tolleranza sul dosaggio ottimale non deve superare il $\pm 0,3\%$. Si presti attenzione perché la quantità di legante è riferita alla miscela complessiva e non al peso degli aggregati e filler, come tradizionalmente previsto nelle Normative Tecniche attualmente vigenti. E' bene precisare che non hanno valore prove di caratterizzazione, riferibili ai requisiti del legante originario, eseguite sul bitume presente nella miscela e recuperato tramite evaporatore rotante (UNI EN 12697-3) oppure tramite colonna di frazionamento (UNI EN 12697-4).

GRADO CORRELAZIONE (tra il requisito e le prestazioni dell'elemento costruttivo)


PRESTAZIONI STRUTTURALI		PRESTAZIONI FUNZIONALI			PRESTAZIONI AMBIENTALI		
portanza	durabilità	aderenza	regolarità	permeabilità	riduzione rumore	riciclaggio	costo ciclo di vita
A	A	A	B	A	B	B	A

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB

STRATO	D _{min} ^{max} (mm)	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	32 20	B _{min3,4}	B _{min3,4}	B _{min3,4}
Conglomerato bituminoso per strato di base con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	32 20	B _{min3,4}	B _{min3,4}	B _{min3,4}
Conglomerato bituminoso per strato di base alto modulo (UNI EN 13108-1)	32 20	B _{min4,2}	B _{min4,2}	N.A.
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	25 16	B _{min5,2}	B _{min5,2}	B _{min5,2}
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	25 16	B _{min5,2}	B _{min5,2}	B _{min5,2}
Conglomerato bituminoso per strato di collegamento alto modulo (UNI EN 13108-1)	20 16	B _{min5,4}	B _{min5,4}	N.A.
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	16 8	B _{min5,4}	B _{min5,4}	B _{min5,4}
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	16 8	B _{min5,4}	B _{min5,4}	B _{min5,4}
Conglomerato bituminoso per strato di usura drenante con bitume modificato (UNI EN 13108-7)	16 10	B _{min4,5}	B _{min4,5}	B _{min4,5}
Conglomerato bituminoso per strato di usura SMA con bitume modificato (UNI EN 13108-5)	16 12.5 8	B _{min5,0}	B _{min5,0}	B _{min5,0}
Conglomerato bituminoso per strato di usura sottile con bitume modificato (UNI EN 13108-2)	8A 8B	N.A.	B _{min5,4}	B _{min5,4}

CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
P01	PAVIMENTAZIONE	ADERENZA TRASVERSALE	

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA

DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM
<p>Il parametro assunto rappresentativo dell'aderenza delle pavimentazioni stradali è il Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT). Esso è definito come rapporto tra la forza N agente perpendicolarmente al piano di rotazione di una ruota che rotola con un'angolazione prestabilita rispetto alla direzione del moto e il carico verticale P agente sulla stessa.</p> <p>È responsabile del mantenimento della traiettoria in curva ed in presenza della pendenza trasversale della superficie stradale.</p> 	UNI CEN/TS 15901-6	SFCS (Sideway Force Coefficient S)	

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA

L'aderenza offerta da una pavimentazione a basse velocità (< 50 km/h) dipende soprattutto dalla microtestitura superficiale e, pertanto, è strettamente correlata con essa. Il parametro adottato per caratterizzare l'influenza della microtestitura è il PSV (Polish Stone Value) rappresentativo della resistenza all'usura degli aggregati superficiali. Ulteriore parametro fondamentale considerato nel modello è il numero di veicoli commerciali per corsia, per giorno (Ng). Per velocità superiori a 50 km/h il fenomeno è influenzato anche dalla macrorugosità. Questa viene caratterizzata dalla profondità media della tessitura MPD (Mean Profile Depth) valutata con strumenti laser oppure tramite l'altezza in sabbia HS. L'aderenza non è da confondere con l'attrito. Infatti:

<p>l'aderenza:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> non è una forza dissipativa <input type="checkbox"/> è presente anche senza macro scorrimento <input type="checkbox"/> è di valore variabile e ha un valore massimo (limite) 	<p>l'attrito:</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> è una forza dissipativa <input type="checkbox"/> è presente con macro scorrimento tra le superfici <input type="checkbox"/> ha valore costante
---	--

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB

STRATO	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	60	60	60
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	60	60	60
Conglomerato bituminoso per strato di usura drenante con bitume modificato (UNI EN 13108-7)	55	55	55
Conglomerato bituminoso per strato di usura SMA con bitume modificato (UNI EN 13108-5)	60	60	60
Conglomerato bituminoso per strato di usura sottile con bitume modificato (UNI EN 13108-2)	60	60	60
Trattamenti superficiali / Slurry seal	70	70	70

N.B. Essendo requisiti funzionali possono essere riferiti solo alla strato superficiale o al pacchetto bituminoso nel suo insieme

CODICE	MATERIALE	REQUISITO	CAMPIONE
P02	PAVIMENTAZIONE	ATTRITO RADENTE	

DETERMINAZIONE DELLA GRANDEZZA

DESCRIZIONE DEL REQUISITO	NORMA	SIMBOLO	UM
Misura indiretta dell'aderenza longitudinale (<u>utile in rettilineo per evitare lo slittamento in accelerazione o frenata</u>) effettuata misurando le due principali scale di tessitura (microtessitura e macrotessitura) e traducendo i risultati in termini di aderenza longitudinale o trasversale attraverso opportuni modelli matematici.	UNI EN 13036-4	PTV (Pendulum Test Value)	

INTERPRETAZIONE DELLA GRANDEZZA

A ruota bloccata, la ruota sviluppa una forza F'_x di attrito radente; è quindi possibile definire il coefficiente di attrito radente (o cinetico)

$$f_x = \frac{F'_x}{P}$$

L'esperienza ha dimostrato che il coefficiente di attrito radente f_x non si discosta di molto (come ordine di grandezza) dal corrispondente valore del coefficiente di aderenza trasversale ricavato nelle medesime condizioni; dal confronto tra risultati ricavati a mezzo di regressioni non lineari su numerose misure sperimentali, è stata ricavata la seguente relazione sperimentale:

$$f_y = 0,925 * f_x$$

L'aderenza non è da confondere con l'attrito. Infatti:

l'aderenza:

- non è una forza dissipativa
- è presente anche senza macro scorrimento
- è di valore variabile e ha un valore massimo (limite)

l'attrito:

- è una forza dissipativa
- è presente con macro scorrimento tra le superfici
- ha valore costante

INDICAZIONI DI VALORE SUGGERITE DA SITEB

STRATO	Autostrade e strade extraurbane principali	Strade extraurbane secondarie ed urbane di scorrimento	Strade urbane di quartiere e locali
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume per applicazioni stradali (UNI EN 13108-1)	65	65	65
Conglomerato bituminoso per strato di usura con bitume modificato (UNI EN 13108-1)	65	65	65
Conglomerato bituminoso per strato di usura drenante con bitume modificato (UNI EN 13108-7)	60	60	60
Conglomerato bituminoso per strato di usura SMA con bitume modificato (UNI EN 13108-5)	65	65	65
Conglomerato bituminoso per strato di usura sottile con bitume modificato (UNI EN 13108-2)	65	65	65
Trattamenti superficiali / Slurry seal	75	75	75

ALLEGATO C

Esempio norme tecniche prestazionali

ANAS S.p.A.

Compartimento della Viabilità per il _____

Con sede a _____

Reg/to il _____ al n. _____

CAPITOLATO SPECIALE DI APPALTO

Parte 2^a Norme tecniche
Pavimentazioni stradali/autostradali

_____, li ___/___/_____

Redatto da :

Il Responsabile del Procedimento
