



REPUBBLICA ITALIANA

Regione Lombardia

BOLLETTINO UFFICIALE

MILANO - MARTEDÌ, 21 FEBBRAIO 2006

1° SUPPLEMENTO STRAORDINARIO

Sommario

C) GIUNTA REGIONALE E ASSESSORI

DELIBERAZIONE GIUNTA REGIONALE 25 GENNAIO 2006 - N. 8/1790 (5.2.0)
Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle strade, delle loro pertinenze ed opere
d'arte - Asse di intervento 6.1.10 «Altre azioni per il miglioramento delle infrastrutture di
trasporto regionali» 3

Anno XXXVI - N. 39 - Poste Italiane - Spedizione in abb. postale - 45% - art. 2, comma 20/b - Legge n. 662/1996 - Filiale di Varese



C) GIUNTA REGIONALE E ASSESSORI

(BUR2003011)

D.g.r. 25 gennaio 2006 - n. 8/1790

(5.2.0)

Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle strade, delle loro pertinenze ed opere d'arte - Asse di intervento 6.1.10 «Altre azioni per il miglioramento delle infrastrutture di trasporto regionali»

LA GIUNTA REGIONALE

Visto il Programma Regionale di Sviluppo dell'VIII legislatura (approvato, ai sensi della l.r. 31 marzo 1978, n. 34, con d.c.r. n. VIII/25 del 26 ottobre 2005) e, in particolare, l'asse di intervento 6.1.10 «Altre azioni per il miglioramento delle infrastrutture di trasporto regionali»;

Vista:

- la legge 59/97 e il d.lgs. 112/98 che trasferiscono a Regioni e Province le funzioni di programmazione, gestione e manutenzione delle strade non rientranti nella rete stradale nazionale;
- la l.r. 1/2000 che trasferisce alle Province le suddette strade ex-statali e le funzioni di gestione connesse, mentre assegna alla Regione le funzioni di programmazione e coordinamento della rete viaria di interesse regionale non compresa nella rete autostradale e strade nazionali;

Vista la legge regionale 4 maggio 2001 n. 9 recante «Programmazione e sviluppo della rete viaria di interesse regionale»;

Considerato:

- che l'articolo 4 della sopra citata legge regionale 9/2001 prevede di definire standard prestazionali e criteri di manutenzione delle strade, delle loro pertinenze ed opere d'arte, da adottarsi sia in sede di progettazione che di gestione delle opere;
- che l'articolo 4 della sopra citata legge regionale 9/2001 indica, inoltre, che «gli standard minimi di manutenzione definiscono i livelli di qualità minimi da assicurarsi, nonché le tipologie ed i cicli di manutenzione programmata, specifici per ogni classe stradale, così come definita sulla base della classificazione funzionale della rete viaria regionale»;

Rilevato che la mancanza di specifiche indicazioni in merito alla manutenzione stradale ha generato, specie negli ultimi anni, la realizzazione di interventi stradali manutentivi ordinari e straordinari non omogenei sul territorio lombardo e spesso non coerenti con le esigenze trasportistiche del contesto di riferimento;

Considerato altresì che la manutenzione ordinaria e straordinaria dell'infrastruttura viaria è uno degli aspetti di prioritaria importanza ai fini della sicurezza stradale;

Vista la delibera di Giunta n. 7/19709 del 3 dicembre 2004 con cui è stata approvata la classificazione funzionale e qualificazione della rete viaria della Regione Lombardia ai sensi dell'art. 3 della l.r. 9/2001;

Rilevata la necessità di individuare gli standard prestazionali e i criteri di manutenzione stradale attraverso uno studio approfondito, con l'analisi delle diverse esperienze di manutenzione programmata e da tempo ordinariamente adottate in Regione Lombardia, in Italia e a livello internazionale;

Vista la delibera di Giunta n. 7/18611 del 5 agosto 2004 con cui è stato affidato l'incarico relativo all'individuazione degli standard prestazionali ed ai criteri di manutenzione stradale all'ing. Maurizio Crispino, in relazione alle necessarie verifiche e agli indispensabili approfondimenti tecnico specialistici, nonché alla complessità delle elaborazioni da svolgere;

Considerato che, per una migliore definizione dei contenuti di base delle linee guida, sono stati svolti appositi incontri con i principali Enti interessati, in particolare Comuni e Province;

Vista la documentazione predisposta dalla U.O. Infrastrutture Viarie, con la consulenza dell'ing. Maurizio Crispino, allegata alla presente deliberazione, che definisce gli standard prestazionali e criteri di manutenzione delle strade delle pavimentazioni stradali, da adottarsi sia in sede di progettazione che di gestione delle opere, in particolare:

- Allegato A: «Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle pavimentazioni stradali» (documento di indirizzo per gli Enti gestori della rete viaria regionale, ai sensi della legge regionale 9/2001);
- Allegato B: «Catalogo dei dissesti delle pavimentazioni stradali» (catalogo regionale ai fini dell'acquisizione dei dissesti superficiali della sede stradale, redatto sulla base delle esperienze già condotte sul territorio regionale e predisposto per fornire un primo riferimento agli Enti gestori in Lombardia). Primo catalogo dei dissesti in Italia di riferimento regionale, condiviso tra Enti gestori della rete;

- Allegato C: «Catalogo degli interventi di manutenzione sulle pavimentazioni stradali» (elementi di riferimento inerenti le diverse tipologie di interventi manutentivi della sede stradale, sia di ripristino che di riabilitazione);
- Allegato D: «Criteri per lo sviluppo di sistemi di gestione della manutenzione delle pavimentazioni stradali» (utili a presentare, a scopo formativo, le principali modalità attuative della manutenzione programmata);
- Allegato E: «Sintesi inerente lo stato della manutenzione stradale in ambito internazionale, in Italia e in Regione Lombardia» (Documento 1) (*omissis*) (1);
- Allegato F: «Sintesi inerente lo stato e le modalità di manutenzione della sede stradale in Regione Lombardia» (Documento 2, preliminare alla definizione degli Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle pavimentazioni stradali) (*omissis*) (1);

Ritenuto che tale proposta corrisponda alle finalità di garantire la sicurezza della circolazione di tutti gli utenti della strada, di ridurre l'inquinamento acustico e atmosferico e di assicurare il rispetto dell'ambiente, inteso nella sua eccezione territoriale e sociale;

Preso atto che la documentazione predisposta riguarda specificamente le pavimentazioni stradali e che, pertanto, si rimanda ad un ulteriore approfondimento lo sviluppo degli stessi standard relativi alle opere d'arte stradali (ponti, viadotti, gallerie, muri di sostegno, sottopassi, tombini, ...), ai sistemi di smaltimento delle acque e alla segnaletica stradale orizzontale e verticale;

Ritenuto di stabilire che gli Enti gestori della rete viaria lombarda siano tenuti ad adottare sia in sede di progettazione che di gestione delle opere gli standard prestazionali e criteri di manutenzione sulle pavimentazioni stradali;

Vista la legge regionale 4 maggio 2001 n. 9 recante «Programmazione e sviluppo della rete viaria di interesse regionale» che prevede all'articolo 4 – comma 3 il parere della competente Commissione Consiliare sugli standard minimi di manutenzione della rete viaria regionale, sviluppati nell'allegato A «Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle pavimentazioni stradali»;

Visto il parere favorevole della Commissione Consiliare competente espresso nella seduta del 18 gennaio 2006;

A voti unanimi espressi nelle forme di legge,

DELIBERA

1. Di approvare, per le motivazioni espresse in premessa, il documento «Standard prestazionali e criteri di manutenzione delle pavimentazioni stradali» Allegato A, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.

2. Di approvare, per le motivazioni espresse in premessa, il documento «Catalogo dei dissesti delle pavimentazioni stradali» Allegato B, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.

3. Di approvare, per le motivazioni espresse in premessa, il documento «Catalogo degli interventi di manutenzione sulle pavimentazioni stradali» Allegato C, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.

4. Di approvare, per le motivazioni espresse in premessa, il documento «Criteri per lo sviluppo di sistemi di gestione della manutenzione delle pavimentazioni stradali» Allegato D, parte integrante e sostanziale della presente deliberazione.

5. Di stabilire che gli Enti gestori della rete viaria lombarda siano tenuti ad adottare sia in sede di progettazione che di gestione delle opere gli standard prestazionali e i criteri di manutenzione sulle pavimentazioni stradali.

6. Il presente provvedimento sarà pubblicato sul Bollettino Ufficiale della Regione Lombardia e copia dello stesso verrà trasmesso a tutti i soggetti coinvolti a cura della Regione Lombardia.

7. Di dare atto che il presente provvedimento non comporta oneri di spesa.

Il segretario: Bonomo

(1) Gli originali degli atti che risultano dichiarati allegati alla presente deliberazione e non vengono riprodotti nel presente Bollettino, possono essere consultati previo appuntamento telefonico presso la Regione Lombardia D.G. Infrastrutture e Mobilità – via Taramelli, n. 20 – Milano – tel. 02/67654509 – 02/67654621.

**DOCUMENTO D'INDIRIZZO:
«STANDARD PRESTAZIONALI E CRITERI DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI»**

INDICE

1. Principi di base e obiettivi del Documento
2. Dati di archivio
3. Stato della pavimentazione
4. Monitoraggio dello stato della pavimentazione
5. Interventi di manutenzione
6. Pianificazione della manutenzione
7. Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete
8. Contratti di Global Service
9. Definizioni
10. Allegati

CRITERI DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI: ALLEGATI TECNICI

- A. DATI DI ARCHIVIO
- B. STATO DELLA PAVIMENTAZIONE
- C. MONITORAGGIO PERIODICO DELLO STATO DELLA PAVIMENTAZIONE
- D. INTERVENTI DI MANUTENZIONE
- E. PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE
- F. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI A LIVELLO DI RETE

STANDARD PRESTAZIONALI E CRITERI DI MANUTENZIONE STRADALE

STANDARD PRESTAZIONALI E CRITERI DI MANUTENZIONE PER LE PAVIMENTAZIONI

1. Principi di base e obiettivi del Documento

Gli interventi di manutenzione delle pavimentazioni stradali sono individuati in base ad una preliminare pianificazione da estendere ad un arco temporale di riferimento, al fine di garantire adeguate condizioni di sicurezza e comfort della circolazione, ottimizzando gli investimenti.

Ciò premesso, con il presente documento vengono definiti gli Standard Prestazionali ed i Criteri di Manutenzione delle Pavimentazioni Stradali perché in Regione Lombardia si possano, con gradualità, raggiungere i seguenti obiettivi principali:

- assicurare standard prestazionali delle pavimentazioni coerenti con la classificazione funzionale e con le caratteristiche dell'esercizio di ciascuna tratta stradale, in particolare lungo un itinerario;
- pervenire, compatibilmente con l'ambito di appartenenza della tratta stradale (urbano o extraurbano), ad una omogeneizzazione sul territorio degli standard prestazionali delle pavimentazioni di strade caratterizzate dalla medesima classificazione funzionale e dalle medesime condizioni di esercizio;
- attivare presso gli enti gestori l'analisi e la verifica dei livelli prestazionali offerti in relazione agli standard prestazionali da conseguire;
- incentivare presso gli enti gestori l'ottimizzazione delle risorse disponibili e quindi delle spese per la manutenzione delle pavimentazioni stradali;
- incentivare gli enti gestori a rendere immediatamente riconoscibili da parte dell'utenza le scelte in tema di pianificazione della manutenzione e gli standard prestazionali definiti, affinché si possa gradualmente minimizzare il divario tra domanda di prestazioni da parte dell'utenza e offerta di prestazioni da parte dell'ente gestore.

Gli Standard Prestazionali ed i Criteri di Manutenzione sono indirizzati a tutti gli Enti gestori di reti stradali in Regione Lombardia.

I Criteri di Manutenzione sono implementati, con le modalità che saranno descritte, dagli Enti gestori di reti stradali perché diventino strumenti di supporto alla pianificazione «a livello di rete»; ciò prevede la scelta della tipologia degli interventi, l'individuazione delle tratte su cui intervenire e dei tempi di intervento, in relazione agli standard prestazionali da conseguire sulla rete ed alle risorse disponibili. I Criteri di Manutenzione quindi non sostituiscono i metodi di progetto (strutturale o funzionale) delle pavimentazioni, che sono comunque da adottarsi dopo aver concluso le attività di pianificazione a livello di rete; i Criteri di Manutenzione si collocano infatti ad un livello di pianificazione, che precede temporalmente e logicamente quello di progetto.

Ai fini dei presenti Criteri di Manutenzione e quindi ai fini della manutenzione «a livello di rete»:

- l'ente gestore costituisce delle basi dati contenenti le informazioni della rete stradale di competenza utili alla manutenzione;
- l'ente gestore definisce gli standard prestazionali da perseguire sulla rete gestita coerentemente con le istanze di sicurezza e dunque in relazione alla classificazione funzionale e alle caratteristiche dell'esercizio di ciascuna tratta stradale;
- si introducono dei parametri indicatori rappresentativi delle condizioni della pavimentazione stradale, i quali dovranno assumere valori coerenti con gli standard prestazionali definiti;
- lo stato della pavimentazione è monitorato con modalità e periodicità dipendenti dalla classificazione della strada e dall'ambito di riferimento (urbano o extraurbano);
- gli interventi di manutenzione sono pianificati su un arco temporale di riferimento, in base alle condizioni della rete (attuali, previste e attese), nonché eventualmente anche in relazione ad altri fattori (politiche di sviluppo, esigenze della circolazione, etc.), perseguendo comunque obiettivi di massimizzazione della sicurezza e del comfort degli utenti e verificando il ritorno economico degli investimenti.

Le attività che sono poste in atto ai fini della pianificazione della manutenzione da parte dell'ente gestore vengono definite e dichiarate dallo stesso tramite il Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete, così come successivamente descritto nel presente documento.

2. Dati di archivio

In relazione agli obiettivi di cui al precedente paragrafo 1 gli enti gestori acquisiscono i dati indicati nell'allegato tecnico A concernenti le caratteristiche amministrative, di traffico, geometriche e strutturali della rete e delle pavimentazioni, con l'obiettivo di costituire una base dati di archivio. Tali dati sono periodicamente verificati ed aggiornati (per variazioni nel traffico, per effettuazione di interventi di manutenzione, etc.). La base dati potrà essere realizzata gradualmente nel tempo; a parità di importanza della strada, ai fini della progressiva acquisizione dei dati, va seguito l'ordine di priorità indicato nell'allegato tecnico A per ciascun dato.

3. Stato della pavimentazione

Le necessità di intervento sono determinate prevalentemente in base allo stato della pavimentazione. A tal fine si utilizzano gli indici di stato, con i quali si rappresentano in modo sintetico (es.: indici di qualità globale dello stato della pavimentazione) o specifico (es.: indice per la sola regolarità del piano viabile) le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni.

L'utilizzo degli indici di stato favorisce le elaborazioni numeriche proprie della fase di pianificazione.

Gli indici di stato vengono periodicamente aggiornati a seguito di monitoraggio comprendente sia misure strumentali che ispezioni visive in sito e vengono posti a confronto con predefiniti valori di riferimento (standard prestazionale).

Nell'ambito degli scopi dei presenti Criteri di Manutenzione gli indici di stato possono essere utilizzati ai fini della:

- rappresentazione dello stato generale di un tronco o di una rete stradale;
- definizione degli standard prestazionali;
- indicazione dei livelli di qualità;
- scelta dell'intervento idoneo;
- indicazione delle soglie per la pianificazione o l'esecuzione di interventi;
- rappresentazione dell'evoluzione del degrado (curve di degrado);
- rappresentazione del miglioramento dello stato della pavimentazione dopo l'esecuzione di un intervento manutentivo;
- definizione del beneficio di un intervento;
- definizione di una scala di valutazione per il confronto fra singoli tronchi, strade o reti.

Il numero e la tipologia di indici di stato da acquisire dipendono dalla classificazione della strada e dall'ambito di appartenenza (urbano o extraurbano) come indicato nell'allegato tecnico B.

Gli indici di stato da monitorare sono rappresentativi delle prestazioni della pavimentazione stradale ai fini principalmente della sicurezza, del comfort dell'utente e della salvaguardia del patrimonio. È auspicato il monitoraggio di ulteriori indici inerenti altri aspetti che devono essere tenuti in conto nella pianificazione degli interventi come quelli relativi all'incidentalità, all'impatto ambientale (rumore, vibrazioni, etc.), etc..

La descrizione degli indici e i rispettivi criteri di misura e valutazione sono riportati nell'allegato tecnico B.

Gli indici di stato sono rilevati gradualmente nel tempo in relazione all'importanza della strada ed, a parità di questa, in relazione al livello di priorità indicato per ciascun indice.

4. Monitoraggio dello stato della pavimentazione

Il monitoraggio consiste nel rilievo periodico delle varie caratteristiche funzionali/strutturali della pavimentazione allo scopo di valutare gli indici di stato. Esso è finalizzato alla valutazione delle condizioni della rete e allo studio dei processi di evoluzione del degrado. Il monitoraggio è eseguito innanzitutto a livello di rete, con un livello di dettaglio congruente con la pianificazione delle attività che è finalizzata alla scelta delle tratte su cui intervenire, della tipologia di intervento e della relativa allocazione temporale delle risorse. Per le tratte oggetto di intervento si procederà successivamente, a livello di progetto, all'effettuazione di misure di maggior dettaglio utili alla progettazione dell'intervento stesso.

Le modalità di monitoraggio si caratterizzano, a titolo esemplificativo e non esaustivo, attraverso la frequenza temporale e spaziale di rilievo, l'estensione delle tratte, il numero di corsie da rilevare, la posizione del punto di misura, l'accuratezza delle informazioni da acquisire. Al fine di individuare gli obiettivi e le modalità del monitoraggio, ogni ente gestore redige un Piano di Monitoraggio (che costituisce parte integrante del Piano di Manutenzione a Livello di Rete) coerente con le specifiche dell'allegato tecnico C.

5. Interventi di manutenzione

Un intervento di manutenzione consiste nell'effettuazione di un'azione volta a migliorare o a ripristinare in tutto o in parte le caratteristiche iniziali della pavimentazione. Gli interventi di manutenzione che un ente attua possono avere diverse finalità:

- per manutenzione preventiva;
- per manutenzione curativa/correttiva;
- per manutenzione migliorativa.

Gli enti effettuano generalmente interventi di manutenzione curativa. A tale tipologia di manutenzione deve affiancarsi in misura crescente la manutenzione preventiva, che prevede l'effettuazione di interventi (p.e. la sigillatura delle fessure) finalizzati a ridurre la velocità del degrado e a procrastinare l'effettuazione degli interventi più importanti e costosi ad anni successivi, riservando così maggiori risorse per gli interventi dell'anno in corso. Vanno altresì presi in considerazione gli interventi di manutenzione migliorativa, al fine di rispondere con maggiore efficacia alle istanze di esercizio sicuro, di minore impatto ambientale, etc.

La scelta di un intervento avviene in base a valutazioni di carattere sia tecnico che economico.

Su itinerari condivisi tra diversi enti gestori, è opportuno che gli standard prestazionali, i criteri di scelta degli interventi e le tipologie di interventi da attivare siano armonizzati e condivisi tra gli enti, al fine di non creare discontinuità significative di prestazioni del piano viabile lungo un medesimo itinerario.

Nell'allegato tecnico D sono riportati gli elementi da considerare e valutare ai fini della scelta di un intervento manutentivo. In altro documento (catalogo degli interventi) è altresì riportato, a solo titolo esemplificativo e non esaustivo, un elenco di interventi di riferimento, con relativa scheda tipo.

6. Pianificazione della manutenzione

La pianificazione della manutenzione consiste nell'individuazione delle strategie di intervento per le diverse tratte della rete su un arco temporale di riferimento, cioè delle tratte su cui intervenire, delle tipologie di intervento e del relativo periodo di effettuazione.

Obiettivo primario della pianificazione è la gestione ottimale delle risorse dell'ente su un arco temporale di riferimento al fine di pervenire ad una scelta delle strategie di intervento tecnicamente ed economicamente razionale, mirata alla massimizzazione della sicurezza della circolazione e del comfort degli utenti.

La pianificazione della manutenzione da parte di un ente si basa sulla preliminare definizione, da parte dell'ente stesso, degli standard prestazionali da conseguire in ragione della classificazione funzionale e delle caratteristiche dell'esercizio ammesse sulla tratta, eventualmente modificando queste ultime qualora le risorse economiche si dimostrino insufficienti (sarebbe comunque sempre preferibile il potenziamento delle risorse disponibili).

Su itinerari stradali omogenei dal punto di vista della classificazione funzionale e delle caratteristiche dell'esercizio saranno progressivamente conseguiti sul territorio regionale i medesimi standard prestazionali, sia che l'itinerario risulti di competenza di un singolo ente che di più enti. In tale ultimo caso, gli enti competenti individuano concordemente gli standard prestazionali della pavimentazione in ragione della classificazione funzionale e delle condizioni di esercizio ammesse. Vengono stipulate all'uopo apposite convenzioni tra enti finalizzate alla condivisione degli obiettivi, degli standard prestazionali, dei criteri manutentivi ed anche, se necessario, delle risorse, così pervenendo in modo unitario alla pianificazione delle strategie manutentive per un unico itinerario.

La pianificazione degli interventi si basa principalmente sulla conoscenza dello stato attuale e di quello previsto per le pavimentazioni durante l'arco temporale di riferimento. Elemento caratterizzante la pianificazione è l'individuazione delle modalità con cui l'ente

intende investire le risorse economiche disponibili affinché siano garantiti per la rete di competenza gli standard prestazionali definiti dall'ente stesso.

Altri fattori aggiuntivi che vanno considerati ai fini della pianificazione sono inerenti – a titolo esemplificativo e non esaustivo – la pericolosità della tratta, il suo ruolo funzionale, la sua importanza economica.

A livello operativo, ogni ente può utilizzare i criteri di pianificazione ritenuti più idonei, purché:

- prevedano il confronto tra strategie alternative, sotto il profilo tecnico ed economico;
- consentano di definire una lista ordinata delle strategie di intervento sull'arco temporale di riferimento;
- consentano di verificare, sull'arco temporale di riferimento, le condizioni ottenibili sulla rete in ragione delle risorse disponibili, a fronte degli standard prestazionali da conseguire.

Nell'allegato tecnico E vengono illustrati criteri cui poter fare riferimento.

7. Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete

Ai fini dell'applicazione dei presenti Criteri di Manutenzione viene introdotto il Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni Stradali a Livello di Rete.

Il Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete ha i seguenti scopi primari:

- favorire l'effettuazione da parte dell'ente di un'autovalutazione inerente il fabbisogno reale di risorse manutentive in relazione a diversi possibili standard prestazionali per le pavimentazioni delle tratte stradali di competenza;
- definire e dichiarare gli standard prestazionali che l'ente garantisce per le pavimentazioni delle tratte stradali di competenza, in coerenza con le condizioni di esercizio ammesse, in relazione alle risorse disponibili.

I contenuti minimi del Piano di Manutenzione a Livello di Rete sono riportati nell'allegato tecnico F.

8. Contratti di Global Service

Qualora gli Enti intendano affidare a ditte esterne le attività di gestione e manutenzione della rete viaria, tramite contratti di «Global Service», il presente documento conserva piena validità ed efficacia. Peraltro l'attivazione di un contratto di Global Service ha, tra le sue diverse finalità, l'ottimizzazione tecnico-economica da parte dell'Assuntore (aggiudicatario del contratto di Global Service) delle strategie manutentive da attuare, con obbligo di raggiungimento di risultati in termini di prestazioni della rete. A tal fine quanto riportato nel presente documento ha una positiva ripercussione anche nella predisposizione del contratto di Global Service perché fornisce i riferimenti essenziali per impostare correttamente il contratto stesso per ciò che concerne sia la fase di pianificazione della manutenzione sia quella di verifica e controllo delle attività.

9. Definizioni

Nel presente documento e nei suoi allegati si fa riferimento alle seguenti definizioni:

- *Catalogo degli ammaloramenti (o dei dissesti)*: Insieme di schede che con l'ausilio di descrizioni, schemi e fotografie consentono l'identificazione oggettiva dei dissesti, in relazione alla classe di appartenenza ed ai livelli di severità ed estensione.
- *Deflessione*: deformazione elastica verticale della superficie per effetto dell'applicazione di un carico. È un indicatore della capacità portante della sovrastruttura.
- *Global Service*: contratto di prestazioni con obbligo di risultato.
- *Indicatori di Stato Specifici*: parametri fisici misurabili relativi a caratteristiche intrinseche e specifiche della sovrastruttura (p.e.: aderenza, regolarità, portanza, ecc.).
- *Indicatori di Stato Sintetici*: parametri che forniscono una rappresentazione sinottica dello stato della sovrastruttura o di alcune sue caratteristiche.
- *Interventi di Manutenzione*: trattamenti che ripristinano alcune o tutte le funzioni della pavimentazione senza modificare in modo significativo la vita utile della sovrastruttura.
- *Interventi di Riabilitazione*: trattamenti che ripristinano parzialmente o integralmente le funzionalità della pavimentazione incidendo in maniera significativa sulla vita utile della stessa.
- *Itinerario*: successione di tratte stradali interessate, per la prevalenza dei veicoli, da una medesima «origine-destinazione».
- *Manutenzione Correttiva*: attività finalizzata al ripristino di dissesti della sovrastruttura (p.e.: buche, perdita di aderenza, ormaimento, fessurazione, ecc.).
- *Manutenzione Migliorativa*: attività finalizzata al miglioramento delle caratteristiche funzionali e/o strutturali della pavimentazione (p.e.: aggiunta di uno spessore di rafforzamento, utilizzo di bitumi modificati, uso di conglomerati drenanti).
- *Manutenzione Ordinaria*: insieme di interventi che non modificano il progetto originario della sovrastruttura stradale. Prevede la conservazione delle caratteristiche definite per il bene all'atto della sua realizzazione.
- *Manutenzione Preventiva*: insieme di interventi che preservano le caratteristiche prestazionali della pavimentazione ritardando significativamente il deterioramento della stessa (p.e. sigillatura delle fessure mediante nastro preformato).
- *Manutenzione Straordinaria*: insieme di interventi che modificano la vita utile della sovrastruttura incidendo eventualmente anche sulle sue caratteristiche funzionali.
- *Macrotessitura*: rugosità superficiale quale risultato della forma e della posizione dei singoli inerti di uno strato superficiale e degli spazi intercalati. Essa corrisponde a una gamma di lunghezze d'onda fra 0,5 e 50 mm e determina in modo significativo le capacità drenanti nella zona di contatto fra pneumatico e pavimentazione.
- *Microtessitura*: rugosità della superficie del singolo inerte; corrisponde ad una gamma di lunghezze d'onda fra 0,005 e 0,5 mm. Essa determina in primo luogo le caratteristiche di aderenza pneumatico-pavimentazione.
- *Modello di degrado (curve di degrado)*: curve che descrivono l'evoluzione nel tempo degli indicatori di stato della pavimentazione.
- *Monitoraggio*: attività di rilievo periodico degli indicatori di stato.
- *Ottimizzazione*: tecnica di ricerca finalizzata all'individuazione della strategia manutentiva ottimale sotto il profilo dei costi e dei benefici.
- *Pianificazione a livello di rete*: insieme di attività finalizzate all'individuazione della tipologia di interventi di manutenzione e riabilitazione della sovrastruttura stradale di ciascun tronco di rete e del relativo anno di esecuzione, definendo così complessivamente le modalità di utilizzo del budget disponibile nell'arco temporale di riferimento. Il livello di rete individua non solo le priorità e le urgenze che la rete prospetta, ma anche tutti gli interventi necessari per garantire i livelli funzionali e strutturali predefiniti.
- *Pianificazione a livello di progetto*: attività finalizzate al progetto di dettaglio degli interventi di manutenzione individuati a livello di rete. A tale fase si associa in genere un monitoraggio di dettaglio delle caratteristiche strutturali delle pavimentazioni del tronco su cui si va ad effettuare l'intervento.
- *Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete*: redatto da ogni ente gestore, è uno strumento con il quale si illustrano i criteri manutentivi adottati ai fini di una corretta pianificazione della manutenzione.
- *Priorizzazione*: tecnica di pianificazione che ha l'obiettivo di individuare per ogni tratta un indicatore di stato sintetico che permetta

- di definire una gerarchizzazione delle sezioni stradali che si trovano in condizioni peggiori e che quindi richiedono prioritariamente l'effettuazione di interventi di manutenzione.
- *Regolarità Longitudinale*: misura della deviazione del profilo longitudinale reale della pavimentazione da una linea retta di riferimento.
 - *Regolarità Trasversale*: misura della deviazione del profilo trasversale reale di una pavimentazione da una linea retta di riferimento.
 - *Reset*: nuovo valore a cui si aggiorna un indicatore di stato dopo la realizzazione di una tecnica manutentiva della sovrastruttura stradale.
 - *Sezioni omogenee (o di progetto)*: elemento o tronco stradale che possiede caratteristiche omogenee in termini di indicatori di stato specifici.
 - *Sistemi di Gestione*: è un sistema che permette la programmazione e la gestione della manutenzione delle pavimentazioni stradali permettendo di effettuare la pianificazione di attività ed investimenti nonché la ripartizione delle risorse disponibili in modo ottimale. Un Sistema di Gestione valuta le strategie alternative in un determinato periodo di analisi, sulla base dei valori assunti dalle caratteristiche prestazionali delle pavimentazioni, seguendo predeterminati criteri ed assicurando il rispetto dei vincoli posti.
 - *Standard Prestazionali*: caratteristiche funzionali (aderenza, regolarità, ecc.) e strutturali (portanza) che la pavimentazione deve possedere per garantire un livello di servizio coerente con le caratteristiche di esercizio.
 - *Strategia di intervento*: applicazione di un determinato intervento in un dato anno per uno specifico elemento della rete (si noti che «fresatura e rifacimento dello strato di usura nell'anno 2005» e «fresatura e rifacimento dello strato di usura nell'anno 2006» costituiscono strategie differenti).
 - *Strumenti ad alto rendimento*: dispositivi di misura in grado di rilevare in strada un determinato indicatore di stato in modo continuo (o dinamico).
 - *Trigger*: condizioni che devono essere soddisfatte affinché ciascun intervento possa essere proficuamente attivato sotto l'aspetto tecnico.
 - *Vita residua*: tempo rimanente (generalmente in anni) durante il quale la pavimentazione può considerarsi ancora utilizzabile ed oltre il quale quindi essa non è più in grado di garantire adeguate prestazioni funzionali e/o strutturali.

10. Allegati

Costituiscono parte integrante del presente documento i seguenti Allegati Tecnici:

- A. DATI DI ARCHIVIO
- B. STATO DELLA PAVIMENTAZIONE
- C. MONITORAGGIO DELLO STATO DELLA PAVIMENTAZIONE
- D. INTERVENTI DI MANUTENZIONE
- E. PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE
- F. PIANO DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI A LIVELLO DI RETE

CRITERI DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI: ALLEGATI TECNICI

A. Dati di archivio

I dati di archivio da acquisire sono riportati nella tabella A.1 che individua i contenuti minimi della base-dati; ogni ente ha facoltà di ampliare opportunamente la base-dati.

Ad un elemento stradale (la cui lunghezza è definita da un ente in base a propri criteri) sono associati attributi globali ed attributi segmentati. Gli attributi globali si riferiscono a tutto l'elemento stradale mentre quelli segmentati sono relativi a caratteristiche che possono variare lungo l'elemento stesso. I contenuti minimi qui riportati sono compatibili con quelli inseriti nel documento di indirizzo «Progetto per la definizione delle specifiche della struttura informatica di base del catasto stradale della Regione Lombardia» - giugno 2001 e integrati per la parte relativa alla manutenzione stradale.

Nel caso di strade presenti nel grafo stradale regionale (1) il concetto di elemento stradale è assimilato a quello di arco. Per approfondimenti si rimanda al documento specifico «Editing distribuito del grafo stradale - Linee guida per gli Enti Gestori».

Tabella A.1 - Attributi globali e livello di priorità ai fini dell'acquisizione del dato

ATTRIBUTO	Livello di priorità
Denominazione Ufficiale	1
Denominazione Convenzionale	1
Sigla del percorso amministrativo di appartenenza (se l'elemento appartiene al grafo, il codice è il codice regionale del percorso amministrativo: il COD-PE)	1
Codice Ente gestore Come in documento di indirizzo «Editing distribuito del grafo stradale - Linee guida per gli Enti Gestori» - maggio 2005.	1
Classifica Amministrativa SS = Strade Statali SP = Strade Provinciali SC = Strade Comunali SM = Strade Militari PR = Strade private	1
Classifica Geometrico-Funzionale (eventualmente assimilata) A = Autostrade B = Strade extraurbane principali C = Strade extraurbane secondarie D = Strade urbane di scorrimento E = Strade urbane di quartiere F = Strade locali	1

(1) Il grafo stradale a cui ci si riferisce è gestito dai singoli enti gestori in collaborazione con la Regione, così come definito nei documenti del progetto «Sistema di editing distribuito per l'aggiornamento del grafo delle strade e dei dati del Catasto Stradale».

ATTRIBUTO	Livello di priorità
Classifica Funzionale Regione Lombardia R1 = Strada regionale di primo livello R2 = Strade regionale di secondo livello P1 = Strade provinciale di primo livello P2 = Strade provinciale di secondo livello L = Strade locali	1
Lunghezza misurata (m)	1
Direzione di marcia consentita 1 = Senso unico di marcia 2 = Doppio senso di marcia 3 = Divieto di transito nei due sensi	1

Tabella A.2 - Attributi segmentati (2)

ATTRIBUTO	Livello di priorità
Numero di corsie	1
Pendenza longitudinale e trasversale	4
Tipologia della pavimentazione 0 = non pavimentata 1 = rigida 2 = semi-rigida 3 = flessibile 4 = in masselli 5 = in cubetti di pietra naturale 6 = in lastre di pietra naturale 9 = altri tipi	1
Pavimentazione delle banchine 0 = non presente 1 = parzialmente pavimentata 2 = pavimentata	3
Tipologia del corpo stradale 1 = a raso 2 = in rilevato 3 = in trincea 4 = a mezza costa 5 = in galleria 6 = su ponte o viadotto	2
Tipologia della pavimentazione della banchina 0 = non pavimentate 1 = rigida 2 = semi-rigida 3 = flessibile 4 = in masselli 5 = in cubetti di pietra naturale 6 = in lastre di pietra naturale 9 = altri tipi	3
Spessori della pavimentazione (possibilmente degli strati) Usura Binder Base Fondazione	1
Caratteristiche strutturali della pavimentazione (degli strati - modulo elastico) Usura Binder Base Fondazione	4
Tipologia superficie della pavimentazione 1 = Tradizionale 2 = Drenante 3 = Trattamento superficiale 4 = Microtappeto	2
Tipo di sottofondo 1 = Buone caratteristiche di portanza 2 = Medie caratteristiche di portanza 3 = Scarse caratteristiche di portanza	2
Anno Costruzione Pavimentazione	2

(2) La segmentazione può essere sia fisica che dinamica.

ATTRIBUTO	Livello di priorità
Traffico TGM Percentuale dei veicoli commerciali Traffico cumulato all'inizio del periodo di analisi Ripartizione per corsia del traffico pesante Tasso di crescita stimato del traffico pesante Equivalente tra veicolo pesante ed assi da 8,2 ton	1

B. Stato della pavimentazione

Vanno acquisite le caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni riportate nella tabella B.1. secondo le indicazioni riportate nelle successive tabelle B.2, B.3, B.4, B.5.

Per ciascuna caratteristica sono individuati i principali indici di stato e le principali modalità di misura/valutazione, suggerendo la modalità «ad alto rendimento» (la misura deriva da un rilievo dinamico ed è pertanto «veloce») per l'ambito *Extraurbano* (ed in particolare per le strade classificate di interesse regionale R1 ed R2) e la modalità «puntuale» (la misura è effettuata con dispositivi che devono sostare sul punto da rilevare) per l'ambito *Urbano/Extraurbano*. Va comunque sempre preliminarmente valutata la compatibilità della modalità di rilievo (ai fini dell'operatività dei mezzi di rilievo e dell'affidabilità delle misure) con la classificazione funzionale della strada ed in particolare con le caratteristiche geometriche e di esercizio della stessa (p.e. l'alto rendimento potrebbe non risultare compatibile con strade assimilate alla tipologia F di cui al d.m. 5 novembre 2001). Si lascia pertanto all'ente la possibilità di optare per modalità ad alto rendimento o di tipo «puntuale» purché la scelta sia opportunamente motivata nel Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete.

Ai fini della determinazione dell'ordine progressivo con cui acquisire le caratteristiche di stato della pavimentazione, si dà priorità al monitoraggio delle strade la cui tipologia è ritenuta di importanza maggiore ai sensi della classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004). Nell'ambito delle strade di pari importanza ai sensi delle linee guida sulla classificazione della Regione Lombardia si segue l'ordine di importanza deducibile dal d.m. del 5 novembre 2001 (assimilando le sezioni delle strade esistenti a quelle riportate nel Decreto). A parità di importanza delle strade anche ai sensi del d.m. del 5 novembre 2001, la progressione con cui procedere all'acquisizione delle caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni viene individuata attraverso i livelli di priorità definiti per ciascun indice (tabelle B.3, B.4 e B.5). Le priorità si riducono passando dal valore 1 al valore 5. Per giustificati motivi, l'ente può valutare la possibilità di effettuare un monitoraggio della rete «a campione», sottoponendo a rilievo le tratte che, da un'analisi dettagliata, possano risultare rappresentative anche delle altre non rilevate.

Ai fini dell'acquisizione dei dissesti superficiali delle pavimentazioni ogni ente predispone il catalogo dei dissesti valido per la propria rete di competenza. Nelle more che ogni ente proceda all'elaborazione del proprio catalogo dei dissesti, Regione Lombardia ha predisposto un catalogo dei dissesti di riferimento per le pavimentazioni con strati superficiali in conglomerato bituminoso (flessibili e semirigide) redatto sulla base di esperienze già condotte sul territorio regionale.

Tabella B.1 – Indici di stato di riferimento

Sigla	Caratteristiche superficiali e strutturali da rilevare	Indicatore di stato consigliato	Modalità di misura	Unità di misura	Metodologia di misura/valutazione	Norma di riferimento
RL	Regolarità longitudinale	IRI	Alto Rendimento	m/km	Profilometri	[ASTM E1926, E1170, E1364]
		Profondità irregolarità	Puntuale	mm	Barra da 3 m	prEN 13036-7
RT	Regolarità trasversale	Profondità ormaie	Alto Rendimento	mm	Barra profilometrica con sensori	prEN 13036- 8
			Puntuale	mm	Barra da 3 m	prEN 13036- 8
A	Aderenza	CAT	Alto Rendimento	-	SCRIM o dispositivo equivalente	prEN 13036- 2
		BPN	Puntuale	-	British Pendulum	[prEN 13036-4 CNR105/85]
M	Macrotessitura	ETD	Alto Rendimento	mm	Texture meter o dispositivo equivalente	prEN 13036-1
		HS	Puntuale	mm	Altezza in sabbia	prEN 13036-1
P	Portanza	Deflessione	(Alto Rendimento)	mm/100	FWD o dispositivo equivalente	[ASTM D4694, D4695]
		Deflessione	Puntuale	mm/100	Trave Benkelman	[CNR141/92]
DS	Dissesti superficiali	L'ente individua le tipologie di dissesti da rilevare in relazione al tipo di pavimentazione	Alto Rendimento	Dipendente dal tipo di dissesto	Sistemi di video-rilevazione	
			Puntuale	Dipendente dal tipo di dissesto	Catalogo dei dissesti	

Tabella B.2 – Indici da rilevare in relazione al tipo di strada

Indicatore	TIPO DI STRADA (*)						
	R1	R2	P1 Extraurbana	P1 Urbana	P2 Extraurbana	P2 Urbana	L + Non Classificate
RL	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Consigliato
RT	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Consigliato
A	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
M	SI	SI	Consigliato	Consigliato	Consigliato	Consigliato	Consigliato
P	SI	SI	SI	Consigliato	Consigliato	Consigliato	Consigliato
DS	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

(*) In base ai criteri di classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004).

Tabella B.3 – Indici da rilevare e livelli di priorità (ambito extraurbano) per la pianificazione al livello di rete

Indicatore (**)	TIPO DI STRADA (*)				
	R1	R2	P1	P2	L + Non Classificate
RL	2	2	2	2	Consigliato
RT	3	3	3	3	Consigliato
A	1	1	1	1	2
M	5	5	Consigliato	Consigliato	Consigliato
P	4	4	4	Consigliato	Consigliato
DS	1	1	1	1	1

(*) In base ai criteri di classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004).

(**) I valori di priorità in tabella si riferiscono alla corsia di destra. Per le altre corsie, da destra verso sinistra, la priorità della corsia si ottiene aggiungendo 1 al valore della corsia immediatamente a destra (es.: nel caso di 2 corsie per senso di marcia, per la corsia di sorpasso di una strada R1 la priorità di P è $4 + 1 = 5$) a meno dei dissesti superficiali DS per i quali la priorità rimane immutata.

Tabella B.4 – Indici da rilevare e livelli di priorità (ambito urbano) per la pianificazione a livello di rete

Indicatore (**)	TIPO DI STRADA (*)				
	R1	R2	P1	P2	L + Non Classificate
RL	2	2	2	2	Consigliato
RT	3	3	3	3	Consigliato
A	1	1	1	1	2
M	5	5	Consigliato	Consigliato	Consigliato
P	4	4	Consigliato	Consigliato	Consigliato
DS	1	1	1	1	1

(*) In base ai criteri di classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004).

(**) I valori di priorità in tabella si riferiscono alla corsia di destra. Per le altre corsie, da destra verso sinistra, la priorità della corsia si ottiene aggiungendo 1 al valore della corsia immediatamente a destra (es.: nel caso di 2 corsie per senso di marcia, per la corsia di sorpasso di una strada R1 la priorità di D è $4 + 1 = 5$) a meno dei dissesti superficiali DS per i quali la priorità rimane immutata.

Tabella B.5 – Indici da rilevare e livelli di priorità per la pianificazione a livello di rete per le strade locali urbane ed extraurbane

Indicatore	TIPO DI STRADA	
	Assimilabile alla F (*) – Extraurbana	Assimilabile alla F (*) – Urbana
RL	Consigliato	Consigliato
RT	Consigliato	Consigliato
A	2	2
M	Consigliato	Consigliato
P	Consigliato	Consigliato
DS	1	1

(*) Di cui al d.m. del 5 novembre 2001.

C. Monitoraggio periodico dello stato della pavimentazione

Gli obiettivi e le modalità di monitoraggio sono individuati e dichiarati dall'ente gestore attraverso il Piano di Monitoraggio. I contenuti minimi del Piano di Monitoraggio sono i seguenti:

- periodo di riferimento (corrispondente con il periodo di pianificazione);
- indici di stato da acquisire (CAT, IRI, Dissesti Superficiali, etc.);
- attrezzature/dispositivi utilizzati per la misura degli indici (es.: Regolarità con ARAN, dissesti con Ispezioni visive, etc.);
- frequenza temporale di rilevamento (es.: regolarità trasversale ogni 12 mesi, aderenza ogni 12 mesi, etc.);

- frequenza spaziale di rilevamento (Misure deflettometriche ogni 100 m, CAT ogni 20 m, etc.);
 - posizione delle misure (es.: corsia di destra, entrambe le corsie, etc. – percorso delle ruote, centro corsia, centro carreggiata, etc.).
- Le modalità di monitoraggio sono definite dall'ente gestore in base alle indicazioni riportate nelle seguenti tabelle (C.1, C.2, C.3), da intendersi come riferimento consigliato. Il monitoraggio va comunque effettuato (indipendentemente dalla frequenza consigliata) a seguito di interventi di manutenzione.

Tabella C.1 – Indici da rilevare e frequenza consigliata di rilevamento (in anni) (ambito extraurbano)

Indicatore	TIPO DI STRADA (*)				
	R1	R2	P1	P2	L + Non Classificate
RL	2-3	2-3	3-4	3-4	Consigliato
RT	2-3	2-3	3-4	3-4	Consigliato
A	2	2	2	2	3
M	2	2	Consigliato	Consigliato	Consigliato
P	4	4	4	Consigliato	Consigliato
DS	1	1	1	1	1-2

(*) In base ai criteri di classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004).

Tabella C.2 – Indici da rilevare e frequenza consigliata di rilevamento (in anni) (ambito urbano)

Indicatore	TIPO DI STRADA (*)				
	R1	R2	P1	P2	L + Non Classificate
RL	3-4	3-4	4	4	Consigliato
RT	3-4	3-4	4	4	Consigliato
A	2-3	2-3	2-3	2-3	3-4
M	2-3	2-3	Consigliato	Consigliato	Consigliato
P	4	4	Consigliato	Consigliato	Consigliato
DS	1-2	1-2	1-2	1-2	1-2

(*) In base ai criteri di classificazione della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004).

Tabella C.3 – Indici da rilevare e frequenza consigliata di rilevamento (in anni) per le strade locali urbane ed extraurbane

Indicatore	TIPO DI STRADA	
	Assimilabile alla F (*) – Extraurbana	Assimilabile alla F (*) – Urbana
RL	Consigliato	Consigliato
RT	Consigliato	Consigliato
A	2-3	2-3
M	Consigliato	Consigliato
P	Consigliato	Consigliato
DS	1-2	1-2

(*) Di cui al d.m. del 5 novembre 2001.

D. Interventi di manutenzione

Ai fini della scelta di un intervento manutentivo va preliminarmente effettuata un'analisi mirata alla individuazione dell'efficacia tecnica e della valenza economica di ciascun intervento. In relazione al contesto di applicazione, vanno in particolare considerati e valutati i seguenti elementi:

- tipologia più opportuna di intervento (trattamenti superficiali, rafforzamenti tramite aggiunta di nuovi strati, rifacimento dei soli strati legati tramite fresatura e sostituzione, risanamenti profondi, etc.);
- tipologie di degrado e valori assunti da uno o più indici di stato che suggeriscono l'effettuazione dell'intervento (es.: fresatura e sostituzione dello strato di usura se l'aderenza e la regolarità sono insufficienti ma la pavimentazione è ancora strutturalmente adeguata);
- standard prestazionali della tratta;
- valori prestazionali a cui sono riportati gli indici di stato dopo l'effettuazione dell'intervento;
- spessore dell'intervento, in relazione ai vincoli presenti (cordoli laterali, chiusini, spessori degli strati da fresare, etc.);
- durabilità dell'intervento, ovvero velocità di degrado degli indici di stato in relazione al traffico ed alle caratteristiche ambientali del contesto di applicazione;
- eventuale utilizzo di tecnologie idonee per conseguire particolari prestazioni (es.: leganti con polimeri, etc.);
- velocità di realizzazione dell'intervento;
- costo in relazione alle risorse disponibili.

La scelta della tipologia di intervento avviene a livello di rete. Successivamente, in base ai risultati della pianificazione, si passa ad un livello di progetto dal quale conseguono il dimensionamento di dettaglio (in particolare degli interventi con obiettivi di rinforzo strutturale della pavimentazione), l'individuazione delle specifiche tecniche e l'indicazione dei requisiti prestazionali dell'intervento. Durante ed al termine dei lavori l'ente deve verificare il soddisfacimento di tali requisiti con idonee prove. Un elenco di possibili interventi è proposto nel catalogo degli interventi.

E. Pianificazione della manutenzione

L'arco temporale di riferimento della pianificazione è definito dall'amministrazione sulla base di opportune valutazioni. Esso non deve essere comunque inferiore a 3 anni.

La pianificazione della manutenzione si basa sui dati di stato. Si può operare per ottimizzazione o per prioritizzazione. L'ottimizzazione, definiti i costi e i benefici, individua la migliore strategia per ogni elemento della rete (sezioni omogenee o di progetto) senza superare i limiti imposti dalle risorse disponibili. Le strategie così selezionate vanno a comporre il programma dei lavori che evidenzia non solo la collocazione spaziale di ciascuna strategia di intervento, ma anche quella temporale.

Nel caso della prioritizzazione, attraverso una analisi multicriteri è possibile definire una lista ordinata delle tratte in ragione della priorità di intervento (ad esempio in base ad un indicatore di stato sintetico), senza poter però pervenire ad alcuna informazione circa la collocazione temporale ottimale dell'intervento stesso, circa la migliore tipologia di intervento sotto il profilo tecnico/economico e senza possibilità di ottimizzare il budget disponibile. Ciò nonostante, in assenza dei dati utili e necessari per poter operare tramite ottimizzazione, la prioritizzazione costituisce un valido strumento di pianificazione.

F. Piano di manutenzione delle pavimentazioni a livello di rete

Il Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete costituisce il documento fondamentale con cui ogni ente dichiara le attività e le modalità con cui effettua la pianificazione della manutenzione. Deve essere redatto dagli enti gestori di reti stradali all'inizio del periodo di pianificazione. I contenuti minimi del Piano di Manutenzione delle Pavimentazioni a Livello di Rete sono i seguenti:

- criteri generali alla base della definizione dell'arco temporale di riferimento per la pianificazione della manutenzione delle pavimentazioni stradali;
- modalità di strutturazione della base-dati e di costituzione ed aggiornamento della stessa (tipologia di dati, data di ultimazione della base-dati, etc.);
- modalità di attuazione del monitoraggio della rete (indici di stato, frequenza e modalità di monitoraggio) (piano di monitoraggio);
- risorse destinate alla manutenzione delle pavimentazioni stradali di competenza sull'arco temporale di riferimento;
- criteri specifici alla base dell'individuazione delle strategie di intervento (con illustrazione delle modalità di spesa delle risorse economiche);
- standard prestazionali che le pavimentazioni della rete stradale di competenza devono essere in grado di garantire durante l'arco temporale di riferimento;
- lista degli interventi manutentivi individuati per l'arco temporale di riferimento, espressi in ordine di priorità temporale di esecuzione;
- modalità di controllo dei livelli prestazionali conseguiti;
- presenza di eventuali tratte appartenenti ad itinerari condivisi con altri enti e le azioni concordate da intraprendere comunemente con tali enti per assicurare omogeneità dei livelli prestazionali lungo l'itinerario e la coerenza con le caratteristiche della circolazione.

Il Piano di Manutenzione deve chiaramente individuare le tratte della rete che nell'arco temporale di riferimento offrono standard prestazionali coerenti con le condizioni di esercizio ammesse in ragione della tipologia di strada, della sua configurazione geometrica, delle sue caratteristiche funzionali, del contesto (urbano o extraurbano) in cui essa si sviluppa.

Per le strade non rispondenti ai requisiti suddetti, il Piano di Manutenzione deve riportare le azioni alternative attuate (eventualmente di carattere amministrativo, come la riduzione della velocità) perché sussista sempre coerenza tra le condizioni di esercizio ammesse e gli standard prestazionali offerti.

Per la redazione del Piano di Manutenzione a Livello di Rete si suggerisce uno schema tipo di riferimento di seguito riportato.

INDICE DEL PIANO DI MANUTENZIONE A LIVELLO DI RETE

- 1. Arco temporale di riferimento**
- 2. Database**
 - 2.1 Scelta del tipo di database e sua costituzione
 - 2.2 Data ultimazione del database
 - 2.3 Scelta dei dati
 - 2.4 Verifica e aggiornamento dei dati
- 3. Stato della pavimentazione**
 - 3.1 Indicatori rappresentativi della condizione della pavimentazione
 - 3.1.1 Criteri di scelta degli indicatori
 - 3.1.2 Indici di stato specifici
 - 3.1.3 Indici di stato sintetici
 - 3.1.4 Catalogo dei dissesti
 - 3.1.5 Soglie di allerta
 - 3.1.6 Soglie di sicurezza
 - 3.2 Piano di monitoraggio
 - 3.2.1 Estensione della rete da monitorare
 - 3.2.2 Modalità di monitoraggio
 - 3.2.3 Periodicità di monitoraggio
 - 3.3 Evoluzione del degrado
- 4. Interventi di manutenzione**
 - 4.1 Tipologie di intervento
 - 4.2 Campi di attivazione dell'intervento (trigger)
 - 4.3 Valori degli indici di stato dopo l'intervento (reset)
 - 4.4 Durata dell'intervento
 - 4.5 Costo dell'intervento
 - 4.6 Velocità di realizzazione intervento
 - 4.7 Modalità di controllo dei livelli prestazionali raggiunti
- 5. Standard prestazionali**
 - 5.1 Sicurezza
 - 5.2 Comfort
 - 5.3 Riduzione del costo del trasporto
 - 5.4 Altro
- 6. Criteri di pianificazione della manutenzione**
- 7. Convenzioni e contratti**
 - 7.1 Accordi tra Amministrazioni
 - 7.2 Global Service
- 8. Esito della pianificazione**

1. Arco temporale di riferimento

In questo paragrafo l'ente definisce i criteri generali utilizzati per determinare l'arco temporale di riferimento per la pianificazione della manutenzione delle pavimentazioni stradali di competenza.

L'ente deve quindi dichiarare l'arco temporale individuato (p.e. 5 anni) a cui farà riferimento tutto il piano di manutenzione (anni per i quali si intende effettuare la pianificazione degli interventi).

2. Database

In questo paragrafo l'ente illustra tutte le caratteristiche del database da implementare ai fini della pianificazione della manutenzione.

Scelta del tipo di database e sua costituzione

Illustrare che tipo di organizzazione dei dati è stata prevista o si prevede di costituire (tempi, fasi, ecc.).

Data ultimazione del database

Dichiarare in quanto tempo l'ente prevede la gestione a regime del proprio database.

Scelta dei dati

Descrivere i dati la cui acquisizione viene ritenuta necessaria per il corretto funzionamento del sistema di gestione (si faccia riferimento anche all'allegato tecnico A).

Verifica e aggiornamento dei dati

Descrivere le modalità di verifica e aggiornamento del database.

3. Stato della pavimentazione

In questo paragrafo l'ente illustra tutti i fattori ritenuti determinanti nella descrizione delle caratteristiche superficiali e strutturali delle pavimentazioni di competenza (giustificando la scelta, le modalità di monitoraggio degli stessi, etc.).

Indicatori rappresentativi della condizione della pavimentazione**CRITERI DI SCELTA DEGLI INDICATORI**

Illustrare i criteri di scelta degli indicatori di stato ritenuti fondamentali per rappresentare lo stato della pavimentazione e per selezionare le strategie di intervento.

INDICI DI STATO SPECIFICI

Illustrare gli indicatori di stato specifici scelti per rappresentare le condizioni della pavimentazione (p.e. aderenza, regolarità longitudinale, deflessione, ecc.).

INDICI DI STATO SINTETICI

Illustrare gli indicatori di stato sintetici scelti per rappresentare le condizioni generali delle pavimentazioni di una strada e dell'intera rete di competenza (p.e. PCI, I1, ecc.).

CATALOGO DEI DISSESTI

Definire il catalogo dei dissesti valido per la rete di propria competenza.

SOGLIE DI ALLERTA

Specificare per ogni indicatore di stato prescelto delle soglie di allerta oltre le quali è consigliabile prendere in considerazione la necessità di intervenire in tempi brevi.

SOGLIE DI SICUREZZA

Specificare per ogni indicatore di stato prescelto delle soglie di sicurezza che è opportuno non superare, sia per motivi legati strettamente alla sicurezza della circolazione, sia perché oltre questi livelli si potrebbe compromettere irrimediabilmente l'integrità della sovrastruttura.

Piano di monitoraggio

Descrivere le modalità di dettaglio con cui l'ente intende effettuare il monitoraggio delle pavimentazioni della propria rete (fare riferimento all'allegato tecnico C).

ESTENSIONE DELLA RETE DA MONITORARE

Specificare l'estensione della rete, specificando le tratte, che si intende monitorare con il presente piano di monitoraggio.

MODALITÀ DI MONITORAGGIO

Illustrare la strumentazione che si intende adoperare per il monitoraggio dei diversi indicatori scelti (p.e. strumenti ad alto rendimento, misure puntuali, rilievo visivo).

PERIODICITÀ DI MONITORAGGIO

Illustrare ogni quanto tempo si prevede il monitoraggio dei diversi indici di stato scelti e soprattutto in quanto tempo si prevede di terminare il monitoraggio di tutta la rete.

Evoluzione del degrado

Illustrare per gli indicatori di stato prescelti le curve di evoluzione del degrado (curve di degrado) calibrate o ipotizzate per descrivere il loro degrado nel tempo.

4. Interventi di manutenzione

In questo paragrafo l'ente individua le tipologie di trattamenti che compongono il proprio catalogo degli interventi. Per ogni intervento occorre definire le seguenti caratteristiche.

Tipologie di intervento

Illustrare il tipo di intervento (p.e. rafforzamento, rifacimento superficiale, sigillatura fessure, ecc.).

Campi di attivazione dell'intervento (trigger)

Definire i campi di attivazione dell'intervento (p.e. se $CAT < 40$ è necessario ripristinare l'aderenza) in termini di indicatori di stato specifici o sintetici. Ovviamente detti campi possono e devono essere stabiliti tenendo conto del fatto che un intervento può avere influenza su diverse caratteristiche (aderenza, capacità strutturale, regolarità, ecc.).

Si fa notare che i campi di attivazione degli interventi non devono essere riferiti solo agli indicatori di stato, ma è opportuno definire dei campi di attivazione relativi anche alla classifica stradale, al tipo di traffico, ecc. (p.e. in ambito urbano difficilmente potrà essere adottata una tecnica di rafforzamento con aggiunta di uno strato di usura in quanto raramente è possibile un incremento dello spessore della sovrastruttura).

Valori degli indici di stato dopo l'intervento (reset)

Definire gli effetti indotti dell'intervento sulla pavimentazione per ogni indicatore di stato prescelto (per esempio dopo un rifacimento superficiale $CAT = 65$, $IRI = 1.2$, percentuale di area fessurata = 0, ecc.).

Durabilità dell'intervento

Prevedere per quanto tempo (in anni) un determinato intervento è in grado di durare.

Costo dell'intervento

Specificare il costo dell'intervento.

Velocità di realizzazione intervento

Specificare quanto tempo l'intervento impegna la carreggiata stradale (indicatore rappresentativo del disagio arrecato agli utenti della strada).

Modalità di controllo dei livelli prestazionali raggiunti

Illustrare come si intende verificare che l'intervento sia stato correttamente realizzato.

5. Standard prestazionali

In questa sezione gli enti gestori definiscono i criteri in base ai quali sono determinati gli standard prestazionali per le strade della rete di competenza. Detti criteri devono tenere conto almeno della classificazione funzionale della rete viaria della Regione Lombardia (d.g.r. n. 7/19709 del 3 dicembre 2004) e delle caratteristiche dell'esercizio ammesso sulla strada (tipologia di mezzi, velocità, etc.). Enunciati i criteri di base, vengono dichiarati gli standard prestazionali per ogni specifica tipologia stradale.

Gli standard prestazionali sono mirati almeno alla sicurezza dell'esercizio, al comfort di viaggio, alla riduzione del costo del trasporto. Ovviamente ogni Ente è libero di aggiungere altri obiettivi, previa definizione dei criteri per perseguirli.

Sicurezza

Illustrare gli standard prestazionali selezionati per perseguire gli obiettivi in termini di sicurezza (per esempio in termini di adeguati livelli di aderenza, macrotessitura, regolarità trasversale, etc.).

Comfort

Illustrare gli standard prestazionali selezionati per perseguire gli obiettivi in termini di comfort (per esempio in termini di adeguati livelli di regolarità longitudinale).

Riduzione del costo del trasporto

Illustrare gli standard prestazionali di riferimento (p.e.: valori minimi di regolarità longitudinale) per minimizzare il costo del trasporto degli utenti (consumo del carburante, consumo dei pneumatici, consumo pezzi di ricambio, manodopera per riparazioni, consumo lubrificanti, costo del ritardo dovuto ai cantieri, ecc.).

Altro...

6. Criteri di pianificazione della manutenzione

In questo paragrafo l'ente illustra i criteri che l'ente intende utilizzare per pianificare la manutenzione. In particolare l'ente:

- dichiara i budget stanziati annualmente sull'arco temporale di riferimento;
- dichiara i criteri in base ai quali gli interventi sono selezionati (nell'ambito del catalogo degli interventi) per ciascun anno di analisi (in base all'evoluzione del degrado, ad un'analisi multicriteria, etc.).

Si evidenzia che i criteri di manutenzione prescelti devono essere congruenti con gli standard prestazionali precedentemente definiti.

7. Convenzioni e contratti

In questo paragrafo l'ente illustra le eventuali convenzioni e i contratti stipulati in tema di manutenzione stradale.

Accordi tra Amministrazioni

Evidenziare gli accordi intercorsi tra enti ai quali compete una porzione dello stesso itinerario per il quale è necessario garantire standard prestazionali omogenei.

Global Service

Evidenziare l'esistenza di eventuali contratti di global service.

8. Esito della pianificazione

Quale esito finale dell'attività di pianificazione relativa all'arco temporale di riferimento, l'ente illustra la lista delle strade e degli interventi risultanti dall'attività di pianificazione eseguita.

**“CATALOGO DEI DISSESTI
DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI”**

INDICE**I. Nota Introduttiva****II. Famiglie di dissesti per rilievi speditivi a livello di rete**

1. Alterazioni delle condizioni della superficie della pavimentazione
2. Alterazioni della regolarità della pavimentazione
3. Fessurazione della pavimentazione

III. Dissesti Singoli*Dissesti della superficie*

1. Rifluimento del legante
2. Sgranamento

Dissesti che incidono sulla regolarità della marcia

3. Usura superficiale
4. Distacco dello strato di usura
5. Buche
6. Ormaie
7. Avvallamenti
8. Avvallamenti e dissesti in presenza di chiusini
9. Rappezzi

Fessure

10. Fessure trasversali
11. Fessure longitudinali
12. Fessure di giunto
13. Fessure a blocchi
14. Fessure a pelle di cocodrillo

IV. Scheda rilievo

I. Nota introduttiva

Ai fini dell'acquisizione dei dissesti superficiali delle pavimentazioni ciascun Ente è tenuto a predisporre il *Catalogo dei Dissesti* valido per la propria rete di competenza.

Nelle more che ogni Ente proceda all'elaborazione del proprio catalogo, Regione Lombardia ha predisposto, per fornire un primo riferimento, il presente Catalogo dei Dissesti redatto sulla base di esperienze già condotte sul territorio regionale. In particolare esso è stato redatto sulla base del Catalogo dei Dissesti cortesemente reso disponibile dal Comune di Milano - Settore Manutenzione Strade - e dalla Provincia di Milano - Settore Gestione Strade ex-Statali. Il Catalogo fa altresì riferimento per alcune voci alla Normativa Svizzera [SN640925], ma rispetto ad essa è opportunamente modificato (nei testi, in alcune foto, nel numero e nella tipologia dei dissesti) perché risulti adatto al contesto della viabilità lombarda.

Il Catalogo è rivolto a tutte le Province e Comuni lombardi e consente la valutazione dello stato delle pavimentazioni della rete, supportando le decisioni inerenti sia le priorità di intervento che la scelta delle tipologie di trattamento manutentivo.

Il Catalogo riporta i principali e più comuni dissesti che si possono riscontrare su pavimentazioni con strati superficiali in conglomerato bituminoso (pavimentazioni flessibili e semirigide). In particolare, per ciascun dissesto:

- sono descritte le caratteristiche che consentono di classificare il dissesto stesso;
- sono definiti, anche con il supporto visivo di fotografie, i diversi livelli di severità con cui il dissesto può manifestarsi;
- è riportato un confronto con dissesti simili;
- è indicata la possibile evoluzione del dissesto.

La valutazione del dissesto singolo risulta appropriata a livello di progetto, ovvero quando una tratta è stata già selezionata per la manutenzione e per essa si deve decidere in dettaglio il tipo di intervento da effettuarsi. In fase di pianificazione della manutenzione (a "livello di rete"), fase in cui è opportuno il rilievo dei dissesti sull'intera rete di competenza, affinché il rilievo visivo sia eseguibile in tempi ragionevoli, è stato proposto un accorpamento dei dissesti in *famiglie di dissesti*.

Le tratte oggetto di rilievo visivo dei dissesti dovrebbero in ogni caso avere una lunghezza variabile dai 50 ai 100m; per agevolare l'acquisizione si è predisposta l'apposita scheda di rilievo allegata al presente documento.

A solo titolo indicativo, per ciascun dissesto e per ciascun livello di severità sono stati proposti possibili trattamenti manutentivi. La scelta definitiva del trattamento dipende però da molteplici fattori da considerare caso per caso (budget disponibile, durata attesa dell'intervento, presenza contemporanea di più dissesti, etc.) e pertanto può ricadere su interventi anche non compresi tra quelli proposti. Per il livello di severità bassa, qualora non sia effettuato alcun intervento, si suggerisce di eseguire almeno la sorveglianza del dissesto per seguirne l'evoluzione.

Ai fini della scelta dell'intervento manutentivo più appropriato è comunque sempre opportuno eseguire una valutazione dettagliata del dissesto attraverso carotaggi nella pavimentazione e prelievi di materiali (per valutare la profondità delle fessure, lo spessore degli strati, la densità, i vuoti, la percentuale di bitume, etc.) nonché prove in sito (aderenza, portanza, etc.).

II. Famiglie di dissesti per rilievi visivi a livello di rete

1. ALTERAZIONI DELLE CONDIZIONI DELLA SUPERFICIE DELLA PAVIMENTAZIONE

Descrizione

Questa famiglia di dissesti rappresenta situazioni di alterazione delle normali condizioni della superficie della pavimentazione, generando problemi di aderenza, rumore, etc.

Tipologie di dissesti comprese

- Rifluimento del legante
- Sgranamento

Livelli di severità

Severità alta: le condizioni della superficie sono fortemente alterate da uno o più dissesti della famiglia (almeno uno dei dissesti si presenta ad un livello di severità alto).

Severità media: le condizioni della superficie sono mediamente alterate (almeno uno dei dissesti si presenta al più ad un livello di severità medio).

Severità bassa: le condizioni della superficie non sono alterate (i dissesti si presentano tutti ad un livello di severità basso).

2. ALTERAZIONI DELLA REGOLARITÀ DELLA PAVIMENTAZIONE

Descrizione

Questa famiglia di dissesti rappresenta situazioni di alterazione della regolarità del piano viabile, sia in senso trasversale che longitudinale. Si tratta di alterazioni che possono incidere anche significativamente sulla regolarità del moto di veicoli/ciclomotori e sull'efficacia dello smaltimento dell'acqua di pioggia.

Tipologie di dissesti comprese

- Usura superficiale
- Distacco dello strato di usura
- Buche
- Ormaie
- Avvallamenti (in presenza o meno di fessure)
- Avvallamenti e dissesti in presenza di chiusini
- Rappezzi

Livelli di severità

Severità alta: la regolarità della superficie è fortemente alterata da uno o più dissesti della famiglia (almeno uno dei dissesti si presenta ad un livello di severità alto).

Severità media: la regolarità della superficie è mediamente alterata (almeno uno dei dissesti si presenta al più ad un livello di severità medio).

Severità bassa: la regolarità della superficie non è alterata (i dissesti si presentano tutti ad un livello di severità basso).

3. FESSURAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE

Descrizione

Questa famiglia di dissesti rappresenta situazioni di alterazione della continuità della pavimentazione a causa di fessure, trasversali e/o longitudinali e/o diffuse (a pelle di coccodrillo o a blocchi). Si tratta di alterazioni che incidono sulla qualità della pavimentazione percepita dagli utenti, sulla durata della pavimentazione e sulle condizioni di regolarità laddove stati di fessurazione di alta severità possono generare buche o distacchi improvvisi.

Tipologie di dissesti comprese

- Fessure trasversali
- Fessure longitudinali
- Fessure di giunto
- Fessure a blocchi
- Fessure a pelle di coccodrillo

Livelli di severità

Severità alta: le condizioni della pavimentazione sono fortemente alterate da uno o più dissesti della famiglia (almeno uno dei dissesti si presenta ad un livello di severità alto). In particolare le fessure presenti sono tali sia da pregiudicare l'aspetto visivo della pavimentazione sia da comportare sconessioni della pavimentazione e conseguente formazione di buche o distacchi improvvisi in caso di pioggia e di cicli gelo-disgelo; avvallamenti caratterizzano eventualmente lo stato fessurativo.

Severità media: le condizioni della pavimentazione sono mediamente alterate (almeno uno dei dissesti si presenta al più ad un livello di severità medio). In particolare le fessure presenti sono visibili ma ancora ad un livello tollerabile dall'utenza. Non vi è rischio immediato di formazione di buche o distacchi improvvisi in caso di pioggia e di cicli gelo-disgelo.

Severità bassa: le condizioni della pavimentazione non sono alterate (i dissesti si presentano tutti ad un livello di severità basso). Le fessure sono poco visibili e di dimensioni contenute. Va eseguita la sola sigillatura delle fessure.

III. Dissesti singoli

1. RIFLUIMENTO DEL LEGANTE

DESCRIZIONE

Il legante affiora in superficie. Il fenomeno interessa principalmente la traiettoria dei pneumatici.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Comparsa di qualche traccia nera dovuta al legante in eccesso.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza.
- Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale (tramite interventi meccanici). L'intervento è temporaneo se il rifluimento del bitume tende ad aumentare.
- Microtappeto.
- Trattamento superficiale.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Significativa comparsa di tracce nere in corrispondenza delle traiettorie delle ruote, a causa della presenza di legante in eccedenza.

Intervento consigliato

- Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale (tramite interventi meccanici). L'intervento è temporaneo se il rifluimento del bitume tende ad aumentare.
- Microtappeto.
- Trattamento superficiale.
- Rifacimento strato superficiale.

ALTO



Descrizione del dissesto con severità alta

La superficie in corrispondenza delle traiettorie delle ruote appare "umida"; rumore di rotolamento simile a quello di una pavimentazione bagnata.

Intervento consigliato

- Microtappeto.
- Trattamento superficiale.
- Rifacimento strato superficiale.

SEZIONE TRASVERSALE DEL DISSESTO

Legante affiorante



EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Il dissesto evolve con le medesime caratteristiche, prevalentemente con le alte temperature.

2. SGRANAMENTO

DESCRIZIONE	
Sgranamento della superficie a causa della perdita di inerti. Il fenomeno può interessare la superficie in modo diffuso o puntuale.	
LIVELLO DI SEVERITÀ	
BASSO	 <p>Descrizione del dissesto con severità bassa La superficie appare secca e magra; perdita di malta bituminosa; qualche inerte può essere staccato manualmente.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Eseguire sorveglianza.
MEDIO	 <p>Descrizione del dissesto con severità media Tessitura aperta; perdita di materiale; presenza eventuale di fessure sottili.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Microtappeti (se non ci sono buche). - Trattamento superficiale. - Rifacimento strato superficiale.
ALTO	 <p>Descrizione del dissesto con severità alta Superficie disgregata; inizio della formazione di buche. Gli inerti possono anche distaccarsi in gruppi.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Rifacimento strato superficiale.
SEZIONE TRASVERSALE DEL DISSESTO	
	
CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI	
L'usura (3) si produce solo lungo le traiettorie delle ruote a causa dell'azione meccanica del traffico.	
EVOLUZIONE DEL DEGRADO	
La superficie diventa friabile; si ha perdita di inerti e formazione di fessure sottili; allargamento delle fessure e formazione di buche.	

3. USURA SUPERFICIALE

DESCRIZIONE

Usura del materiale superficiale dovuta all'azione meccanica del traffico, visibile soprattutto lungo la traiettoria delle ruote.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Usura/lucidatura della superficie presente lungo la traiettoria delle ruote; inizio di formazione di solchi dovuti all'usura; Prof. < 15 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza.
- Rifacimento strato superficiale.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Lucidatura significativa lungo la traiettoria delle ruote; significativi solchi da usura; 15 mm < Prof. < 30 mm.

Intervento consigliato

- Rifacimento strato superficiale.

ALTO



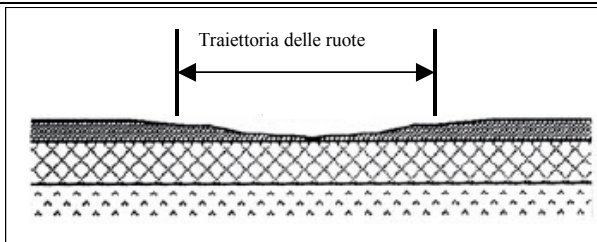
Descrizione del dissesto con severità alta

Solchi anche localizzati dovuti all'usura; tessitura aperta; Prof. > 30 mm.

Intervento consigliato

- Rifacimento strato superficiale.

SEZIONE TRASVERSALE DEL DISSESTO



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Lo sgranamento (2) non è limitato alla zona interessata dal passaggio delle ruote, ma si estende su tutta la superficie della pavimentazione.

Le ormaie (6) sono invece provocate dalla deformazione del rivestimento.

Il fenomeno avviene per progressivo e continuo consumo/asportazione del c.b.; le superfici di contorno non sono dunque nette come nel caso del distacco dello strato superficiale (4).

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Continuo aumento dell'usura in corrispondenza delle traiettorie delle ruote, delle zone di frenatura ed accelerazione, delle zone dove il traffico è canalizzato.

4. DISTACCO DELLO STRATO DI USURA

DESCRIZIONE

Lo strato d'usura si stacca dallo strato sottostante. La superficie dello strato inferiore è chiaramente visibile.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Si veda il grafico sottostante.

Intervento consigliato

- Rappezzi localizzati.
- Rifacimento strato superficiale.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Si veda il grafico sottostante.

Intervento consigliato

- Rifacimento dello strato superficiale.

ALTO



Descrizione del dissesto con severità alta

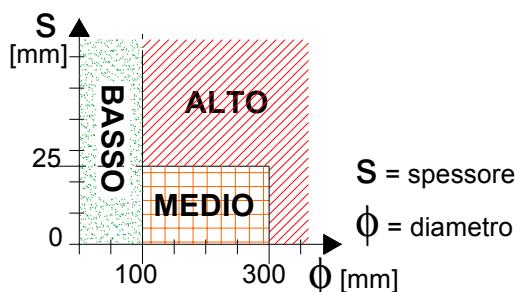
Si veda il grafico sottostante.

Intervento consigliato

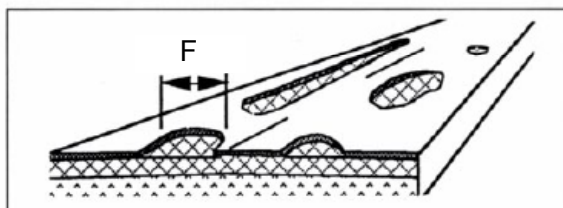
- Rifacimento dello strato superficiale.

DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI SEVERITÀ

Rilevare le misure in sito ed introdurre nel seguente grafico:



VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le buche (5) derivano da fenomeni di rottura della pavimentazione nel suo complesso mentre i distacchi riguardano solo lo strato superficiale.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO



Quando il distacco inizia, si propaga rapidamente nel medesimo modo con cui si forma.

5. BUCHE

DESCRIZIONE

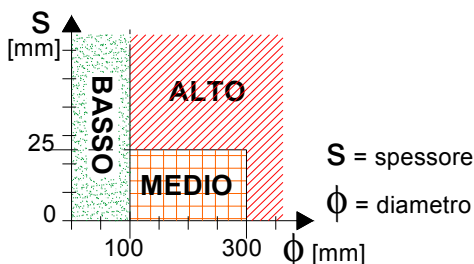
Buche di forma circolare che possono arrivare fino agli strati più profondi della pavimentazione. Queste derivano spesso da fessurazioni a pelle di cocodrillo, da fessure in generale o da sfondamenti della pavimentazione.

LIVELLO DI SEVERITÀ

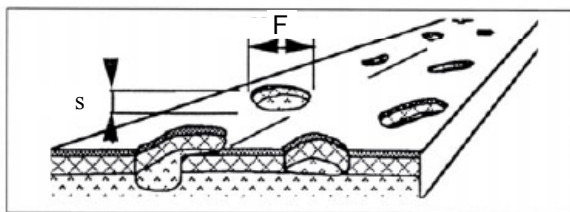
BASSO		<p>Descrizione del dissesto con severità bassa Si veda il grafico sottostante.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se le buche si presentano in modo sporadico sulla superficie si può procedere al mero riempimento delle stesse, altrimenti è opportuno un rappezzo.
MEDIO		<p>Descrizione del dissesto con severità media Si veda il grafico sottostante.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Per buche isolate è possibile procedere al mero riempimento delle stesse; nel caso di un'estensione maggiore è consigliabile fresare e ripristinare lo strato interessato dal dissesto. Prendere inoltre in considerazione l'applicazione di un adeguato rinforzo.
ALTO		<p>Descrizione del dissesto con severità alta Si veda il grafico sottostante.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Risanamento localizzato se la ricorrenza sulla sezione è limitata; se il dissesto si estende su tutta la superficie della pavimentazione è necessario un risanamento della pavimentazione.

DETERMINAZIONE DEL LIVELLO DI SEVERITÀ

Rilevare le misure in sito ed introdurre nel seguente grafico:



VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Si hanno distacchi superficiali (4) quando le buche interessano solo lo strato d'usura e lo strato inferiore è ben visibile. I distacchi superficiali non presentano in genere fessure al contorno, che spesso invece caratterizzano le buche.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

In seguito alle sollecitazioni del traffico, le buche si estendono rapidamente a tutta la pavimentazione.

6. ORMAIE

DESCRIZIONE

Deformazione della sovrastruttura in corrispondenza della traiettoria delle ruote, con rifluimenti laterali di materiale. La profondità della deformazione si estende agli strati di conglomerato bituminoso o ancora oltre (fondazione e sottofondo).

LIVELLO DI SEVERITÀ

(Per la misura usare una barra di lunghezza 4 m)

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Ormaia percettibile, profondità P sotto la barra < 15 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza.
- Rifacimento strato superficiale.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Ormaia nettamente percettibile, eventuale leggera fessurazione longitudinale, P < 30 mm.

Intervento consigliato

- Rifacimento strato superficiale.

ALTO



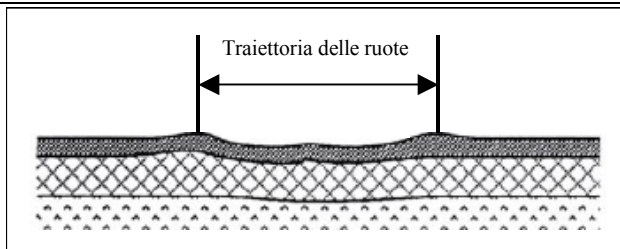
Descrizione del dissesto con severità alta

Ormaia marcata, visibile, eventuali fessure longitudinali o fessurazioni a pelle di cocodrillo, P ≥ 30 mm.

Intervento consigliato

- Rifacimento strati in conglomerato bituminoso.

SEZIONE TRASVERSALE DEL DISSESTO



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Si ha usura (3) quando le ormaie non sono causate da deformazioni, ma da usura del materiale dovuta al traffico. Gli avvallamenti (7) sono quasi sempre di forma circolare in pianta e la deformazione arriva fino al terreno naturale.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Prima formazione delle ormaie; accelerazione della formazione delle ormaie; fessure lungo il bordo delle ormaie.

7. **AVVALLAMENTI**

DESCRIZIONE

Depressioni localizzate generalmente di forma circolare o ellittica (del diametro da 0.5 a 20 m). Possibile fessurazione delle zone di contorno.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa
Deformazioni appena visibili, provocano vibrazioni leggere ai veicoli; non risulta compromesso lo smaltimento delle acque superficiali.

Intervento consigliato
- Eseguire sorveglianza.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media
Deformazioni nettamente visibili e di entità da influenzare il comfort di guida; lo smaltimento delle acque superficiali non avviene in maniera corretta.

Intervento consigliato
- Rifacimento strato superficiale.

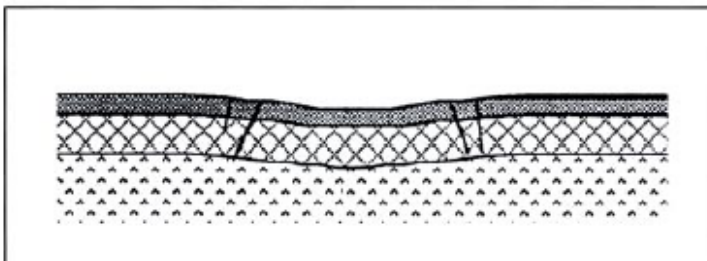
ALTO



Descrizione del dissesto con severità alta
L'entità del dissesto rende difficile il controllo del veicolo/ciclomotore; lo smaltimento delle acque è gravemente compromesso.

Intervento consigliato
- Rifacimento strato/i di conglomerato bituminoso.

SEZIONE TRASVERSALE DEL DISSESTO



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le ormaie (6) appaiono solo lungo le traiettorie delle ruote.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

La fessurazione che si forma dopo l'avvallamento può portare alla formazione di buche.

8. CHIUSINI CON AVVALLAMENTI E DISSESTI

DESCRIZIONE	
Avvallamenti dei chiusini, con eventuale concomitanza di fessure ai bordi.	
LIVELLO DI SEVERITÀ	
(Fa riferimento al pericolo di ristagno d'acqua ed alla perdita di stabilità di marcia di veicoli a due ruote e di autoveicoli)	
BASSO	<p>Descrizione del dissesto con severità bassa L'alterazione delle condizioni di marcia è avvertita dall'utente ma non tale da inficiare significativamente la stabilità del veicolo/ciclomotore. L'acqua ristagna in spessori limitati.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Verifica ristagno d'acqua (Eseguire sorveglianza).
MEDIO	<p>Descrizione del dissesto con severità media L'alterazione delle condizioni di marcia è avvertita distintamente dall'utente ed è tale da richiedere attenzione per conservare la stabilità del veicolo/ciclomotore. Rischio di ristagno d'acqua.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ripristino della regolarità del piano viabile tramite intervento localizzato (che preveda la rimessa in quota del chiusino).
ALTO	<p>Descrizione del dissesto con severità alta L'avvallamento è di entità eccessiva ed estremamente pericoloso per la marcia. Ristagno d'acqua altrettanto eccessivo.</p> <p>Intervento consigliato</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ripristino della regolarità del piano viabile tramite intervento localizzato (che preveda la rimessa in quota del chiusino).
EVOLUZIONE DEL DEGRADO	
Fessurazioni lungo i bordi; distacco di materiale; incremento dell'avvallamento.	

9. RAPPEZZI

DESCRIZIONE

I rappezzi incidono sulla percezione corretta da parte dell'utente. Possono inoltre deteriorarsi, staccandosi dal rivestimento, formando fessure lungo i bordi o dando luogo a irregolarità del piano viabile.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Rappezzi intatti, eventualmente lievi difetti d'unione.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza.

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Rappezzi non legati al rivestimento, difetti d'unione importanti.

Intervento consigliato

- Rifacimento rappezzo.

ALTO



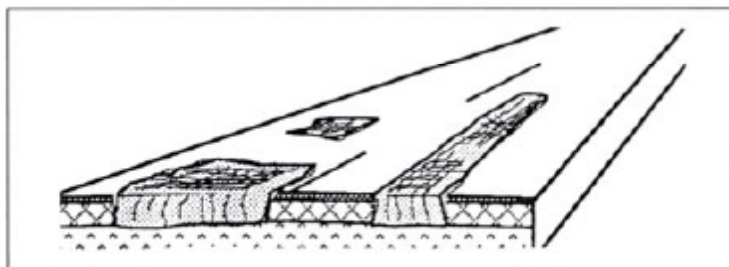
Descrizione del dissesto con severità alta

Rappezzi non legati al rivestimento, fessurazione a pelle di coccodrillo, cedimenti, difetti d'unione importanti.

Intervento consigliato

- Rifacimento completo del rappezzo con studio di un adeguato rinforzo.

VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Fessurazioni sottili lungo i bordi della superficie riparata; distacco dei rappezzi; buche.

10. FESSURE TRASVERSALI

DESCRIZIONE

Fessure perpendicolari all'asse della strada; fessure di questo tipo appaiono generalmente ad intervalli regolari (soprattutto sopra lo strato di fondazione in stabilizzato di cemento); le fessure minori risultano invece isolate e irregolari.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Fessure trasversali semplici, corte o continue, di larghezza < 2 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Fessure trasversali semplici continue, eventualmente con fessurazione secondaria, con larghezza della fessura principale < 10 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

ALTO



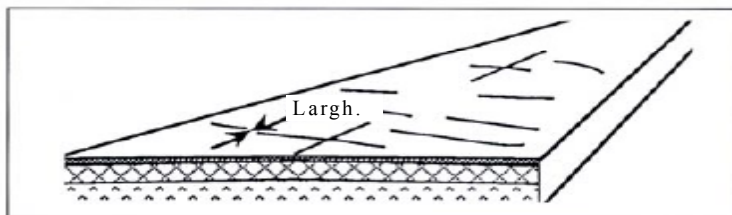
Descrizione del dissesto con severità alta

Inizio di perdita di materiale ai bordi della fessura principale; fessurazione secondaria multipla, con larghezza > 10 mm.

Intervento consigliato

- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).
- Rappezzo localizzato.
- Ricostruzione parziale.

VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le fessure a blocchi (13) sono longitudinali e trasversali.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Formazione della fessura principale; fessure secondarie parallele; fessure a pelle di coccodrillo; formazione di buche a causa della presenza d'acqua, del gelo e di agenti chimici.

11. FESSURE LONGITUDINALI

DESCRIZIONE

Fessure continue lungo l'asse della strada, spesso nel centro della carreggiata o tra le vie di circolazione.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Fessure semplici, larghezza < 2 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Fessure semplici, eventualmente con piccole fessure parallele; larghezza della fessura principale < 10 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

ALTO



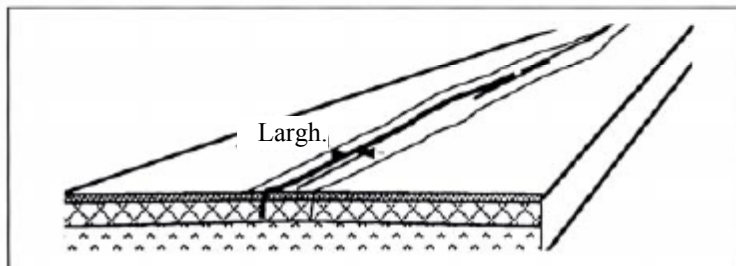
Descrizione del dissesto con severità alta

Abrasioni dei bordi della fessura principale; fessure parallele multiple; larghezza della fessura principale > 10 mm.

Intervento consigliato

- Sigillatura delle fessure con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).
- Ricostruzione degli strati di conglomerato bituminoso. Qualora la fessura sia dovuta a sottoservizi si valuti la possibilità di inserire una rete con funzione antiriscalita delle fessure.

VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le fessure di giunto (12) sono generalmente rettilinee, mentre quelle longitudinali sono zigzagate.
Le fessure a blocchi (13) sono sinuose su tutta la superficie.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Formazione della fessura principale; fessure secondarie parallele; fessure a pelle di cocodrillo; formazione di buche a causa della presenza d'acqua, del gelo e di agenti chimici.

12. FESSURE DI GIUNTO**DESCRIZIONE**

Apertura e scheggiatura dei giunti longitudinali e trasversali. I giunti aperti sono spesso accompagnati da una fessurazione secondaria parallela.

LIVELLO DI SEVERITÀ**BASSO****Descrizione del dissesto con severità bassa**

E' visibile la fessurazione dovuta ad una iniziale apertura del giunto.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

MEDIO**Descrizione del dissesto con severità media**

Giunti localmente aperti; inizio della formazione delle fessure secondarie e perdita di materiale sui bordi dei giunti.

Intervento consigliato

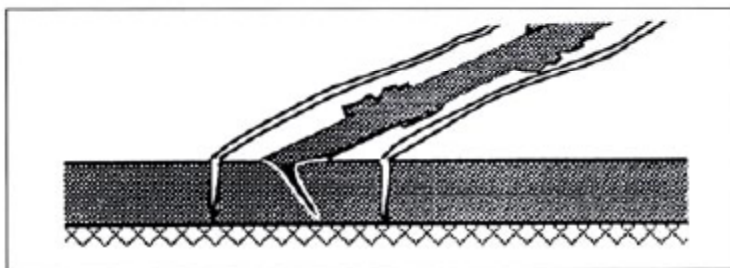
- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).

ALTO**Descrizione del dissesto con severità alta**

Giunti aperti; estensione delle fessure secondarie; gli inerti sul bordo della fessura si disgregano.

Intervento consigliato

- Sigillatura delle fessure con nastro o con sigillante a caldo (previo trattamento della fessura).
- Ricostruzione dell'area del giunto.

VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA**CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI**

Le fessure longitudinali (11) sono, rispetto alle fessure di giunto, raramente rettilinee, ma zigzagate.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Fessure sottili lungo i giunti; allargamento per effetto dell'acqua; formazione di fessure secondarie parallele; fessure a pelle di cocodrillo; formazione di buche.

13. FESSURAZIONE A BLOCCHI

DESCRIZIONE

Fessure longitudinali e trasversali che formano una maglia sulla superficie della pavimentazione; cambiamento di direzione nelle fessure sovente ad angolo retto. La fessurazione non è limitata al percorso delle ruote dei veicoli, ma generalmente estesa su ampie aree.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Presenza di qualche piccola fessura, senza deformazione, di larghezza < 2 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta a precoce degrado).

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Diverse fessure che si intrecciano, larghezza delle fessure < 10 mm.

Intervento consigliato

- Eseguire sorveglianza (la pavimentazione è esposta ad un precoce degrado).
- Trattamento superficiale per sigillatura fessure.
- Microtappeto per sigillatura fessure.
- Rafforzamento con nuovo strato di usura previo posizionamento di una rete con funzione antiriscalita delle fessure (verificare preliminarmente la portanza della pavimentazione).
- Rifacimento strato/i superficiale/i.

ALTO



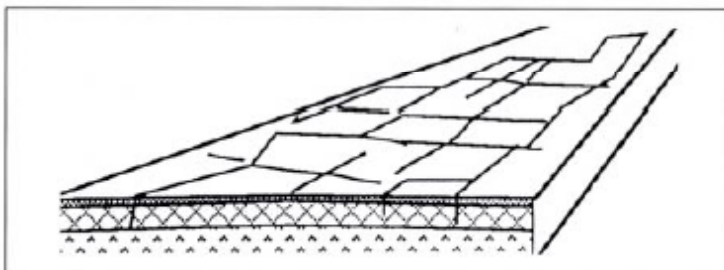
Descrizione del dissesto con severità alta

Pavimentazione rotta in placche irregolari, larghezza delle fessure > 10 mm.

Intervento consigliato

- Trattamento superficiale per sigillatura fessure.
- Rafforzamento con nuovo strato di usura previo posizionamento di una rete con funzione antiriscalita delle fessure (verificare preliminarmente la portanza della pavimentazione).
- Rifacimento strato/i superficiale/i.

VISTA D'INSIEME DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le fessure a pelle di coccodrillo (14) formano maglie molto più fitte e sono generalmente posizionate sul percorso delle ruote.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Aumento del numero di fessure fino a formare una maglia molto fitta ed estesa; formazione di buche.

14. FESSURE A PELLE DI COCCODRILLO

DESCRIZIONE

Le fessure conferiscono al rivestimento l'aspetto della pelle di coccodrillo. Si formano lungo le tracce dei veicoli e manifestano problemi strutturali della pavimentazione.

LIVELLO DI SEVERITÀ

BASSO



Descrizione del dissesto con severità bassa

Formazione di fessurazione sottile, profondità degli avvallamenti < 15 mm.

Intervento consigliato

E' consigliabile misurare la deflessione (con trave Benkelman).

- Eseguire sorveglianza.
- Interventi localizzati (rappezzi).
- Rafforzamento con nuovo strato di conglomerato bituminoso (previo trattamento delle fessure e posizionamento di una rete di rinforzo).
- Fresatura e sostituzione strato/i in conglomerato bituminoso (con eventuale posizionamento di una rete di rinforzo).

MEDIO



Descrizione del dissesto con severità media

Fessurazione ben formata, inizio di rottura alla sommità dei poligoni, profondità degli avvallamenti < 25 mm.

Intervento consigliato

E' consigliabile misurare la deflessione (con trave Benkelman).

- Interventi localizzati (rappezzi).
- Rafforzamento con nuovo strato di conglomerato bituminoso (previo trattamento delle fessure e posizionamento di una rete di rinforzo).
- Fresatura e ricostruzione strato/i in conglomerato bituminoso (con eventuale posizionamento di una rete di rinforzo).

ALTO



Descrizione del dissesto con severità alta

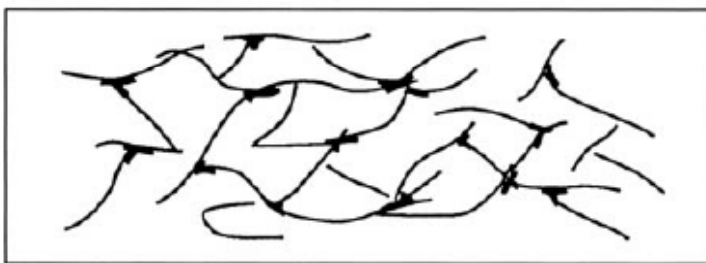
Rivestimento frazionato dalle fessure in placche irregolari, larghezza delle fessure > 10 mm.

Intervento consigliato

E' consigliabile misurare la deflessione (con trave Benkelman).

- Fresatura e sostituzione strato/i in conglomerato bituminoso (l'efficacia di una rete di rinforzo è da verificare).
- Risanamento della pavimentazione (compresi eventualmente gli strati non legati).

VISTA DALL'ALTO DELLA SUPERFICIE DISSESTATA



CONFRONTO CON ALTRI DISSESTI

Le fessure a blocchi (13) sono costituite da fessure isolate che nello stadio avanzato assomigliano a pelle di coccodrillo a maglie grosse.

EVOLUZIONE DEL DEGRADO

Fessure sottili; incremento sotto l'azione dell'acqua, del gelo e degli agenti chimici; formazione di buche.


IV. Scheda rilievo

SCHEDA PER IL RILIEVO DEI DISSESTI SU PAVIMENTAZIONI FLESSIBILI E SEMIRIGIDE

Strada / Incrocio

Nome Strada/Incrocio	Via/Piazza/Largo _____	(Es. Via Carducci)
Tratta oggetto di rilievo	Note: _____	

Inizio	Km _____	Fine	Km _____	Larghezza (m)
	Civico _____		Civico _____	
	Altro _____		Altro _____	



Regione Lombardia

Dissesti: inserimento valori rilevati

I-Dissesto	I-Severità	I-Estensione	Note
FAMIGLIE DI DISSESTI PER RILIEVI SPEDITIVI A LIVELLO DI RETE			
ALTERAZIONI DELLE CONDIZIONI DELLA SUPERFICIE DELLA PAVIMENTAZIONE	Alta Media Bassa	% della superficie _____	
ALTERAZIONI DELLA REGOLARITA' DELLA PAVIMENTAZIONE	Alta Media Bassa	% della superficie _____	
FESSURAZIONE DELLA PAVIMENTAZIONE	Alta Media Bassa	% della superficie _____	
DISSESTI SINGOLI			
1 - Rifluimento del legante	Alta Media Bassa	% della lunghezza della tratta _____	
2 - Sgranamento	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	
3 - Usura superficiale	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	
4 - Distacco dello strato di usura	Alta Media Bassa	Numero nella tratta _____	
5 - Buche	Alta Media Bassa	Numero nella tratta _____	
6 - Ormaie	Alta Media Bassa	% della lunghezza della tratta _____	
7 - Avvallamenti	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	
8 - Chiusini con avvallamenti e dissesti	Alta Media Bassa	Numero nella tratta _____	
9 - Rappezzi	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	
10 - Fessure trasversali	Alta Media Bassa	Numero nella tratta _____	
11 - Fessure longitudinali	Alta Media Bassa	% della lunghezza della tratta _____	
12 - Fessure di giunto	Alta Media Bassa	% della lunghezza della tratta _____	
13 - Fessure a blocchi	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	
14 - Fessure a pelle di cocodrillo	Alta Media Bassa	% della superficie della tratta _____	

**“CATALOGO DEGLI INTERVENTI DI MANUTENZIONE
SULLE PAVIMENTAZIONI STRADALI”**

INDICE**I. Nota Introduttiva****II. Interventi di Manutenzione**

1. Riempimento buche
2. Rappezzi
3. Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale
4. Sigillatura fessure
5. Trattamenti superficiali
6. Microtappeti
7. Rifacimento superficiale (usura o usura + collegamento)

III. Interventi di Riabilitazione

8. Rafforzamento
9. Rifacimento strato in conglomerato bituminoso con sistema antiriscalda fessure
10. Ricostruzione parziale (usura + collegamento + base)
11. Risanamento

Nota introduttiva



Il presente catalogo ha lo scopo di fornire elementi di riferimento inerenti le diverse tipologie di interventi manutentivi sulle pavimentazioni stradali.


Usando una denominazione ormai consolidata, le diverse tipologie di intervento sono state raggruppate in due categorie principali, quella degli interventi di *manutenzione* e quella degli interventi di *riabilitazione*; la prima raggruppa interventi il cui scopo è quello di ripristinare le caratteristiche superficiali e la funzionalità del piano viabile, laddove la seconda classe raggruppa interventi che, in misura diversa, hanno efficacia anche di tipo strutturale.

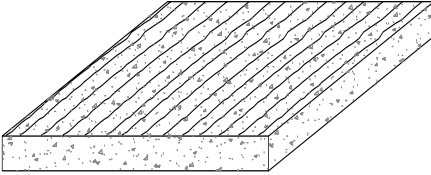
Di ciascuna tipologia di intervento è fornita:





- una descrizione generale supportata da schemi grafici o da fotografie per una migliore comprensione;
- il campo di impiego, ovvero le condizioni in cui più opportuno ed idoneo è l'impiego dell'intervento, in termini di:
 - caratteristiche funzionali e strutturali (R = Regolarità, A = Aderenza, D.S. = Dissesti Superficiali, P = Portanza);
 - Traffico (T);
 - ambito stradale, urbano o extraurbano (S);
- gli effetti indotti sulle caratteristiche funzionali e strutturali della pavimentazione;
- la durata media.


L'evoluzione tecnologica, la diversificazione delle esperienze già consolidate sul territorio e numerosi altri fattori non rendono ovviamente questo catalogo né esaustivo né definitivo. Esso potrà e dovrà essere successivamente ampliato, arricchito ed aggiornato dai singoli Enti gestori della rete, soprattutto in relazione all'esperienza e la professionalità dei tecnici del settore.

<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI MANUTENZIONE
<u>Tipologia:</u>	RIEMPIMENTO BUCHE
<u>Descrizione Generale:</u>	<p>L'intervento consiste nella pulizia delle superfici e nella messa in opera di conglomerato bituminoso (a caldo o a freddo) per rimpiazzare il materiale che è stato asportato dalla pavimentazione stradale. Si ripristina così la regolarità del piano viabile e si impedisce la penetrazione delle acque meteoriche all'interno della pavimentazione.</p> <div style="text-align: center;">   </div>
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R: -----</p> <p>A: -----</p> <p>D.S.: - Presenza di buche di qualunque severità.</p> <p>P: -----</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: - Il riempimento delle buche deve essere considerato un intervento provvisorio per garantire la sicurezza della circolazione, in attesa di interventi definitivi.</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>Gli effetti indotti sono molto modesti.</p> <p>R: - Ripristino della regolarità.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Eliminazione delle buche.</p> <p>P: - Impedimento alla penetrazione delle acque; non ha effetti sulle caratteristiche strutturali.</p> <p>Altro: -----</p>
<u>Durata media:</u>	Intervento di durata molto limitata.

Categoria:	INTERVENTI DI MANUTENZIONE	
Tipologia:	RAPPEZZI	
Descrizione Generale:		L'intervento consiste nella sostituzione di uno o più strati della pavimentazione su un'area limitata (qualche metro quadrato). Quando si effettua la sostituzione del solo strato di usura si parla generalmente di rappezzi superficiali, altrimenti di rappezzi profondi (strati di collegamento, base ed eventualmente fondazione). Tale tecnica viene impiegata per eliminare il degrado, ripristinare la regolarità del piano viabile e per correggere deficienze strutturali o funzionali localizzate (p.e. fessurazione a pelle di coccodrillo, ormaie e perdita di regolarità). L'intervento ha anche lo scopo di impedire la penetrazione delle acque meteoriche all'interno della pavimentazione stradale.
Campo di impiego:	<p>R: - Irregolarità, anche forti, su una zona limitata della sovrastruttura.</p> <p>A: - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S.: - Possibilità di ripristinare qualsiasi tipo di ammaloramento localizzato, anche di tipo strutturale se il rappezzo è profondo (p.e. depressioni e rigonfiamenti localizzati, fessurazione a pelle di coccodrillo, etc).</p> <p>P: - Carenze strutturali localizzate (rappezzi profondi).</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: -----</p>	
Effetti indotti:	<p>R: - Ripristino della regolarità del piano viabile.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Eliminazione di qualsiasi tipo di ammaloramento localizzato.</p> <p>P: - Correzione di deficienze strutturali localizzate (rappezzi profondi).</p> <p>Altro: - Impermeabilizzazione della superficie.</p>	
Durata media:	Intervento di breve-media durata.	

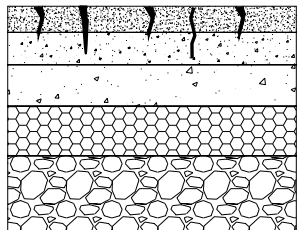
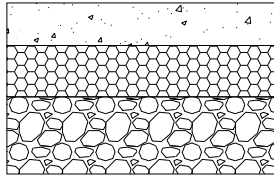
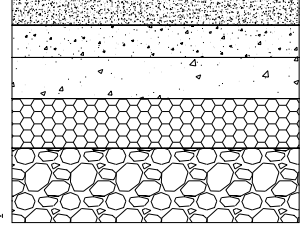
Categoria:	INTERVENTI DI MANUTENZIONE	
Tipologia:	RIGENERAZIONE DELL'ADERENZA SENZA APPORTO DI MATERIALE	
Descrizione Generale:		La tecnica generalmente adottata in campo stradale è la bocciardatura. L'intervento consiste in un irruvidimento che è effettuato con un'attrezzatura fornita di dischi al vidian o altri utensili fresanti disposti in modo da ottenere delle striature su tutta la superficie della pavimentazione. In alternativa può effettuarsi un intervento di irruvidimento con pallinatrice che non provoca striature ma modifica comunque la micro-macro tessitura.
Campo di impiego:	<p>R: -----</p> <p>A: - Aderenza insufficiente.</p> <p>D.S.: - Levigatura degli inerti medio-alta, oppure risalita di bitume.</p> <p>P: -----</p> <p>T: - Livello di traffico modesto.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: - Il trattamento è generalmente da considerarsi come provvisorio, in attesa di un definitivo intervento superficiale. Tale trattamento può essere eseguito in presenza di traffico, in qualsiasi stagione e con costi limitati.</p>	
Effetti indotti:	<p>R: -----</p> <p>A: - Ripristino della macrorugosità e quindi di una buona "drenabilità" superficiale.</p> <p>D.S.: - Eliminazione provvisoria dei dissesti legati alla risalita di bitume</p> <p>P: -----</p> <p>Altro: -----</p>	
Durata media:	Trattamento temporaneo (< 2 anni).	

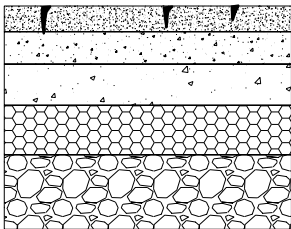
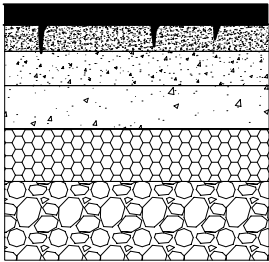
<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI MANUTENZIONE
<u>Tipologia:</u>	SIGILLATURA FESSURE
<u>Descrizione Generale:</u>	<p>Il trattamento è usato per sigillare fessure longitudinali e trasversali; lo scopo principale di tale intervento è quello di impedire la penetrazione delle acque meteoriche all'interno della pavimentazione stradale evitandone il precoce degrado, rallentando quindi l'evoluzione delle fessure stesse.</p> <p>È preferibile effettuare tale intervento durante la primavera o in autunno, cioè quando la fessura presenta un'apertura intermedia fra quella massima, che si verifica in inverno a causa delle contrazioni indotte dalle basse temperature, e quella minima, che si verifica in estate a causa delle dilatazioni indotte dall'aumento di temperatura. Gli interventi di sigillatura possono essere effettuati con due sistemi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - nastri preformati con applicazioni a freddo; - sigillanti a caldo. <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>Nastrino</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Nastrino</p> </div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;">  <p>Nastrino</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>Sigillatura a caldo</p> </div> </div>
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R: -----</p> <p>A: -----</p> <p>D.S.: - Presenza di fessure di giunto, fessurazione a blocchi, fessure longitudinali e trasversali (NO fessurazione a pelle di cocodrillo).</p> <p>P: -----</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: - Si tratta di un intervento di tipo preventivo atto a rallentare il processo di formazione delle fessure e atto a bloccare la penetrazione delle acque meteoriche all'interno della sovrastruttura.</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: -----</p> <p>A: -----</p> <p>D.S.: - Sigillatura delle fessure.</p> <p>P: - Sul medio-lungo termine influenza indiretta sulla portanza in quanto viene impedita la penetrazione delle acque meteoriche in profondità.</p> <p>Altro: -----</p>
<u>Durata media:</u>	Intervento di media durata.


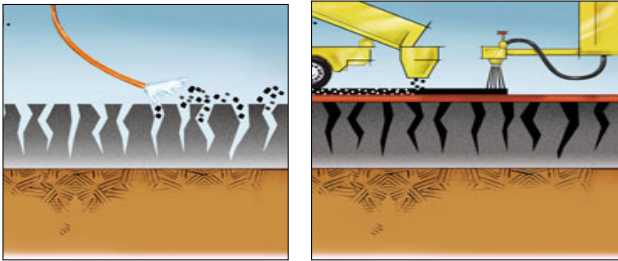
<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI MANUTENZIONE	
<u>Tipologia:</u>	TRATTAMENTI SUPERFICIALI	
<u>Descrizione Generale:</u>		<p>I trattamenti superficiali consistono in un'applicazione di emulsione bituminosa seguita dalla posa di uno strato di aggregati da sovrapporre immediatamente alla stessa emulsione prima che avvenga la sua rottura.</p> <p>A seconda che tale procedimento si ripeta una oppure due volte si parlerà rispettivamente di trattamenti superficiali di irruvidimento monostrato oppure bistrato.</p> <p>I trattamenti superficiali prevedono un'ampia gamma di tecniche, a seconda dei materiali adoperati e delle modalità di stesa. A titolo esemplificativo e non esaustivo si citano:</p> <ul style="list-style-type: none"> - chip seal: emulsione e strato di aggregati in applicazione singola o multipla; - sandwich seal: strato doppio di aggregati con interposizione di uno strato di emulsione bituminosa; - rubberized chip seal: chip seal con legante costituito da una miscela di bitume e lattice di gomma.
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R : - Lievissima irregolarità longitudinale e trasversale.</p> <p>A : - Scarsa aderenza (casi in cui si ha un'elevata levigatura degli inerti o per fenomeni di rifluimento di bitume in superficie).</p> <p>D.S. : - Fessurazione a blocchi a bassa severità e non di origine strutturale.</p> <p>- Presenza di affioramento del bitume su tratte estese della pavimentazione.</p> <p>- La pavimentazione non deve presentare deficienze strutturali.</p> <p>P : -----</p> <p>T : - Livello di traffico medio-basso.</p> <p>S : - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: -----</p>	
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Riempimento di depressioni di lievissima entità.</p> <p>A: - Ripristino dell'aderenza.</p> <p>D.S.: - Sigillatura delle fessure superficiali.</p> <p>P: - Previene la perdita di portanza prodotta dalla penetrazione delle acque; ha invece effetti nulli sulle caratteristiche strutturali.</p> <p>Altro: - Impermeabilizzazione della superficie.</p>	
<u>Durata media:</u>	3-4 anni.	

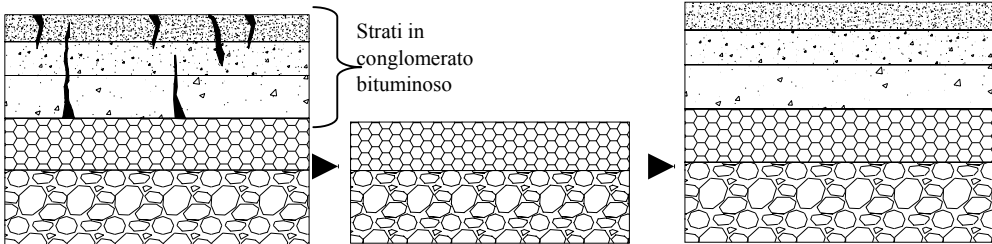
<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI MANUTENZIONE	
<u>Tipologia:</u>	MICROTAPPETI	
<u>Descrizione Generale:</u>		
	<p>L'intervento consiste nella stesa in strati sottili di malte bituminose ottenute miscelando aggregati lapidei di elevata qualità con emulsioni bituminose elastomerizzate ed idonei additivi, con eventuale aggiunta di fibre. Un singolo strato è normalmente applicato in spessore variabile da 4 a 15 mm.</p>	
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R : - Lieve irregolarità longitudinale e trasversale.</p> <p>A : - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S. : - Rifluimento di bitume in superficie.</p> <p>- Perdita di inerti superficiali (ravelling).</p> <p>- Non adatto in presenza di buche.</p> <p>P : - La pavimentazione non deve presentare deficienze strutturali.</p> <p>T : - Adatto a sopportare anche traffici elevati (nessuna limitazione).</p> <p>S : - Adatto a tutte le tipologie di strade (urbane e extraurbane).</p> <p>Altro: - Particolarmente adatto laddove la struttura è soggetta a forti sollecitazioni tangenziali.</p>	

<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Scarsa influenza sulla regolarità longitudinale, maggiore su quella trasversale.</p> <p>A: - Ripristino dell'aderenza.</p> <p>D.S.: - Sigillatura delle fessure superficiali di lieve entità. - Risoluzione di problemi legati alla perdita di inerti.</p> <p>P: - Previene la perdita di portanza prodotta dalla penetrazione delle acque (trascurabili effetti diretti sulla portanza della pavimentazione).</p> <p>Altro: - Impermeabilizza la superficie. - Rallenta l'invecchiamento del legante. - Se ben realizzato incrementa la vita utile della sovrastruttura.</p>
<u>Durata media:</u>	4-6 anni.

<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI MANUTENZIONE
<u>Tipologia:</u>	RIFACIMENTO SUPERFICIALE (USURA o USURA + COLLEGAMENTO)
<u>Descrizione Generale:</u>	<p>L'intervento consiste nella fresatura dello strato di usura preesistente (ed eventualmente, in relazione al degrado, anche dello strato di collegamento) e la sua sostituzione con un nuovo strato (o con nuovi strati).</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around; text-align: center;"> <div> <p>Pavimentazione fessurata</p>  </div> <div> <p>Fresatura strati</p>  </div> <div> <p>Rifacimento Superficiale</p>  </div> </div>
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R: - Moderata irregolarità longitudinale. - Irregolarità trasversale medio-alta.</p> <p>A: - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S.: - Fessurazione trasversale, fessurazione a blocchi e a pelle di cocodrillo (lo spessore di intervento dipende dalla profondità delle fessure). - Presenza di buche (superficiali e profonde) o rappezzi mal eseguiti su tutta la superficie della pavimentazione (in questo caso è infatti sconsigliato intervenire in modo localizzato). - Perdita di inerti in quantità elevata su una superficie estesa della pavimentazione. - Rifluimento di bitume in quantità elevata su una superficie estesa della pavimentazione. - Usura superficiale e tutti gli altri tipi di dissesti superficiali.</p> <p>P: - La portanza della pavimentazione deve risultare non compromessa.</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: - L'intervento è particolarmente adatto dove non è possibile o non è conveniente alzare il livello della pavimentazione.</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Correzione della regolarità longitudinale e trasversale.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Correzione quasi totale dei difetti superficiali (dipende dallo spessore che interessa il degrado e quindi dallo spessore di intervento).</p> <p>P: - La capacità portante viene migliorata.</p> <p>Altro: - In termini di caratteristiche superficiali della pavimentazione esse vengono praticamente del tutto ripristinate.</p>
<u>Durata media:</u>	Fortemente dipendente dalla presenza o meno di fessure sottostanti.

<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI RIABILITAZIONE
<u>Tipologia:</u>	RAFFORZAMENTO
<u>Descrizione Generale:</u>	<p>L'intervento consiste, in genere, nella realizzazione di un nuovo strato di usura sulla sovrastruttura esistente. Le modalità di intervento possono essere però differenti: è considerato un intervento di rafforzamento anche la fresatura e il rifacimento di uno strato con uno spessore che sia superiore a quello asportato (effetti indotti e campi di impiego sono simili alla tecnica di rifacimento superficiale con un incremento più significativo delle caratteristiche di portanza).</p> <p>L'obiettivo è quello di trasformare gli esistenti strati superficiali in strati di "fondazione" a cui è richiesta una minore capacità portante.</p> <p>Nella maggioranza dei casi viene applicato un solo strato e la scelta dello spessore, che dipende dal livello di degrado presente e dal volume di traffico di progetto, richiede un'attenta analisi.</p> <p>Nel caso sia presente il rischio di risalita di fessure per riflessione occorre prevedere uno spessore sufficiente degli strati di ricopertura ed un'eventuale applicazione di uno strato intermedio di separazione (rete/membrana) per ritardare la risalita delle fessure in superficie.</p>
	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;"> <p>Pavimentazione esistente</p>  </div> <div style="font-size: 2em;">▶</div> <div style="text-align: center;"> <p>Rafforzamento</p>  </div> </div>
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R : - Irregolarità longitudinale. - Irregolarità trasversale.</p> <p>A : - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S. : - Fessurazione trasversale. Fessurazione longitudinale a blocchi e a pelle di cocodrillo (lo spessore di intervento è da dimensionare).</p> <p>P : - Scarse caratteristiche di portanza.</p> <p>T : - Qualsiasi livello di traffico. In genere è un intervento che si mette in opera per sopperire a carenze strutturali e per adeguare quindi le caratteristiche di portanza della pavimentazione al livello di traffico presente.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano, ma bisogna fare attenzione in quanto la tecnica deve essere prevista solo in quei casi in cui un innalzamento della superficie della pavimentazione non crea problemi particolari (raccordi laterali, altezza libera sotto i manufatti, tombini, marciapiedi, ecc.).</p> <p>Altro: - La tecnica prevede, in fase preliminare la sigillatura di tutte le fessure e il riempimento di avvallamenti locali.</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Correzione quasi totale della regolarità sia longitudinale che trasversale.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Correzione quasi totale dei difetti superficiali.</p> <p>P: - L'aumento della capacità portante è apprezzabile.</p> <p>Altro: - E' bene chiarire che la semplice stesa di conglomerati aventi limitato spessore su pavimentazioni fortemente ammalorate può non avere alcuna validità tecnica a causa della possibile immediata risalita di fessure. L'intervento va attentamente studiato.</p>
<u>Durata media:</u>	5-8 anni.

Categoria:	INTERVENTI DI RIABILITAZIONE
Tipologia:	RIFACIMENTO STRATO IN CONGLOMERATO BITUMINOSO CON RETE/MEMBRANA ANTIRISALITA FESSURE
Descrizione Generale:	 <p>L'intervento consiste nel posizionamento di una rete/membrana tra gli strati della pavimentazione (tra base e binder, tra binder e usura o tra pavimentazione e rinforzo sovrastante). L'obiettivo è quello di prevenire la risalita delle fessure.</p> 
Campo di impiego:	<p>R: -----</p> <p>A: -----</p> <p>D.S.: - Fessure dovute a movimenti orizzontali (longitudinali e trasversali). Nel caso di fessure singole è possibile posizionare la rete/membrana solo in corrispondenza della fessura. - Fessure a blocchi e a pelle di coccodrillo a severità medio/bassa.</p> <p>P: - E' auspicabile che il posizionamento della rete avvenga su pavimentazioni con portanza ancora adeguata.</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: - L'effettuazione di questo intervento è particolarmente consigliato nel caso di lavori in corrispondenza di sottoservizi per ritardare la risalita delle fessure.</p>
Effetti indotti:	<p>R: - La regolarità è ripristinata dal nuovo strato di usura.</p> <p>A: - L'aderenza è ripristinata dal nuovo strato di usura.</p> <p>D.S.: - Correzione dei difetti superficiali con rallentamento significativo della risalita delle fessure in superficie.</p> <p>P: - Effetti limitati sulla portanza della pavimentazione.</p> <p>Altro: -----</p>
Durata media:	4-5 anni

Categoria:	INTERVENTI DI RIABILITAZIONE
Tipologia:	RICOSTRUZIONE PARZIALE (USURA + COLLEGAMENTO + BASE)
Descrizione Generale:	<p>L'intervento consiste nella rimozione degli strati di usura, collegamento e base della pavimentazione esistente e nella loro ricostruzione con strati in conglomerato bituminoso. Gli spessori di intervento generalmente sono dell'ordine dei 20 cm.</p> <p>Pavimentazione fessurata Fresatura strati Ricostruzione Parziale</p> 

<u>Campo di impiego:</u>	<p>R: - Irregolarità longitudinale. - Irregolarità trasversale.</p> <p>A: - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S.: - Fessurazione longitudinale, trasversale, a blocchi e a pelle di cocodrillo di severità medio alta, anche di origine strutturale (lo spessore di intervento dipende dalla profondità delle fessure). - Presenza di buche profonde su tutta la superficie della pavimentazione. - Presenza di qualsiasi altro tipo di ammaloramento di severità ed estensione elevata.</p> <p>P: - Scarse caratteristiche di portanza.</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: -----</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Corregge del tutto la regolarità trasversale e longitudinale.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Corregge del tutto i difetti superficiali ed elimina i difetti strutturali connessi alla risalita delle fessure negli strati legati.</p> <p>P: - L'aumento della capacità portante è consistente.</p> <p>Altro: -----</p>
<u>Durata media:</u>	8-12 anni.

<u>Categoria:</u>	INTERVENTI DI RIABILITAZIONE
<u>Tipologia:</u>	RISANAMENTO
<u>Descrizione Generale:</u>	<p>L'intervento consiste nella rimozione di tutti gli strati della pavimentazione esistente e nella ricostruzione con eventuale costipamento e/o stabilizzazione del sottofondo.</p> <div style="text-align: center;"> <p>Pavimentazione fortemente ammalorata Fresatura strati e costipamento sottofondo Risanamento</p> </div>
<u>Campo di impiego:</u>	<p>R: - Irregolarità longitudinale alta. - Irregolarità trasversale alta.</p> <p>A: - Scarsa aderenza.</p> <p>D.S.: - Fessurazione longitudinale, trasversale, a blocchi e a pelle di cocodrillo di severità alta, anche e soprattutto di origine strutturale. - Presenza di qualsiasi altro tipo di ammaloramento di origine strutturale di severità ed estensione elevata (buche profonde, cedimenti, ecc.).</p> <p>P: - La pavimentazione denota ingenti danni strutturali.</p> <p>T: - Qualsiasi livello di traffico.</p> <p>S: - E' possibile l'utilizzo sia in ambito extraurbano che urbano.</p> <p>Altro: -----</p>
<u>Effetti indotti:</u>	<p>R: - Correzione totale dei difetti inerenti la regolarità trasversale e longitudinale.</p> <p>A: - Ripristino delle caratteristiche di aderenza.</p> <p>D.S.: - Correzione totale dei difetti superficiali ed eliminazione dei difetti strutturali connessi alla risalita delle fessure negli strati legati.</p> <p>P: - L'aumento della capacità portante è consistente.</p> <p>Altro: - A fine lavori la strada si presenta come nuova.</p>
<u>Durata media:</u>	> 12 anni.

**“CRITERI PER LO SVILUPPO DI SISTEMI DI GESTIONE
DELLA MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI STRADALI”**

INDICE

CRITERI DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI: LINEE GUIDA

1. ELEMENTI GENERALI

- 1.1. Principi generali dei sistemi di gestione della manutenzione
- 1.2. Premesse per l'introduzione di sistemi di gestione
- 1.3. Uso dei sistemi di gestione

2. DATI DI ARCHIVIO

- 2.1. Premessa
- 2.2. Caratteristiche dei dati di archivio e relazioni con le altre componenti del sistema informativo strade

3. INDICI DI STATO

- 3.1. Necessità e utilizzazione degli indici di stato
- 3.2. Esigenze per la qualità dei dati
- 3.3. Valutazione dello stato delle pavimentazioni
 - 3.3.1. *Indici specifici*
 - 3.3.2. *Monitoraggio e rilievo degli indicatori specifici*
 - 3.3.3. *Indici sintetici*

4. CURVE DI DEGRADO

- 4.1. Generalità
- 4.2. Modelli di degrado
 - 4.2.1. *Modello di degrado della regolarità longitudinale (IRI)*
 - 4.2.3. *Modello di degrado dell'aderenza (CAT)*

5. CATALOGO DEGLI INTERVENTI

- 5.1. Premessa
- 5.2. Tecniche di intervento

6. PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE

- 6.1. Premessa
- 6.2. Priorizzazione
- 6.3. Ottimizzazione
 - 6.3.1. *Costi*
 - 6.3.2. *Benefici*

7. BIBLIOGRAFIA (*Omissis*)

CRITERI DI MANUTENZIONE DELLE PAVIMENTAZIONI: LINEE GUIDA

Premessa

È ormai noto che il sistema di trasporto stradale riveste un ruolo fondamentale e strategico nello sviluppo economico e sociale di un paese. In questo contesto le Amministrazioni competenti sono chiamate ad un compito di notevole rilevanza e fino ad oggi trascurato: **pianificare la manutenzione delle pavimentazioni** in modo da garantire sicurezza e comfort di viaggio ottimizzando le risorse disponibili preservando al contempo il patrimonio stradale.

Una risposta efficace per soddisfare l'esigenza di pianificare è rappresentata dai sistemi di gestione; l'implementazione di un sistema di gestione necessita però la definizione di opportuni criteri di manutenzione, il monitoraggio dello stato delle pavimentazioni, l'archiviazione ed elaborazione dei dati, per pervenire alla pianificazione e programmazione degli interventi.

In questo contesto si inserisce il presente documento il cui obiettivo è quello di fornire un quadro sinottico delle tematiche per l'implementazione di un sistema di gestione.

Il documento si sviluppa in 6 parti:

- 1) **Elementi generali:** introduzione ai sistemi di gestione e al loro uso.
- 2) **Dati di archivio:** implementazione della base dati necessaria ad una corretta pianificazione della manutenzione.
- 3) **Indici di stato:** descrizione degli indicatori di stato necessari a descrivere le caratteristiche strutturali e funzionali della pavimentazione.
- 4) **Curve di degrado:** introduzione all'individuazione di opportune curve di decadimento degli specifici indicatori di stato.
- 5) **Catalogo degli interventi:** introduzione alle tecniche di intervento di maggior impiego.
- 6) **Pianificazione della manutenzione:** introduzione alla prioritizzazione e all'ottimizzazione.

1. Elementi generali

1.1. Principi generali dei sistemi di gestione della manutenzione

I sistemi di gestione della manutenzione si basano da un lato sulla disponibilità a livello di rete delle informazioni essenziali per una presa di decisione in merito alla manutenzione e dall'altro su procedure analitiche di calcolo fondate su modelli del processo decisionale e del comportamento delle pavimentazioni. Queste procedure di calcolo permettono:

- di stimare il comportamento futuro delle singole pavimentazioni con o senza interventi di manutenzione (vedi esempio in figura 1.1),
- di proporre interventi di manutenzione adeguati allo stato della pavimentazione al momento opportuno,
- di ricercare la combinazione ottimale (tipo, data e costi dell'intervento) degli interventi su tutta una rete stradale sulla base di criteri generalmente di tipo tecnico/economici.

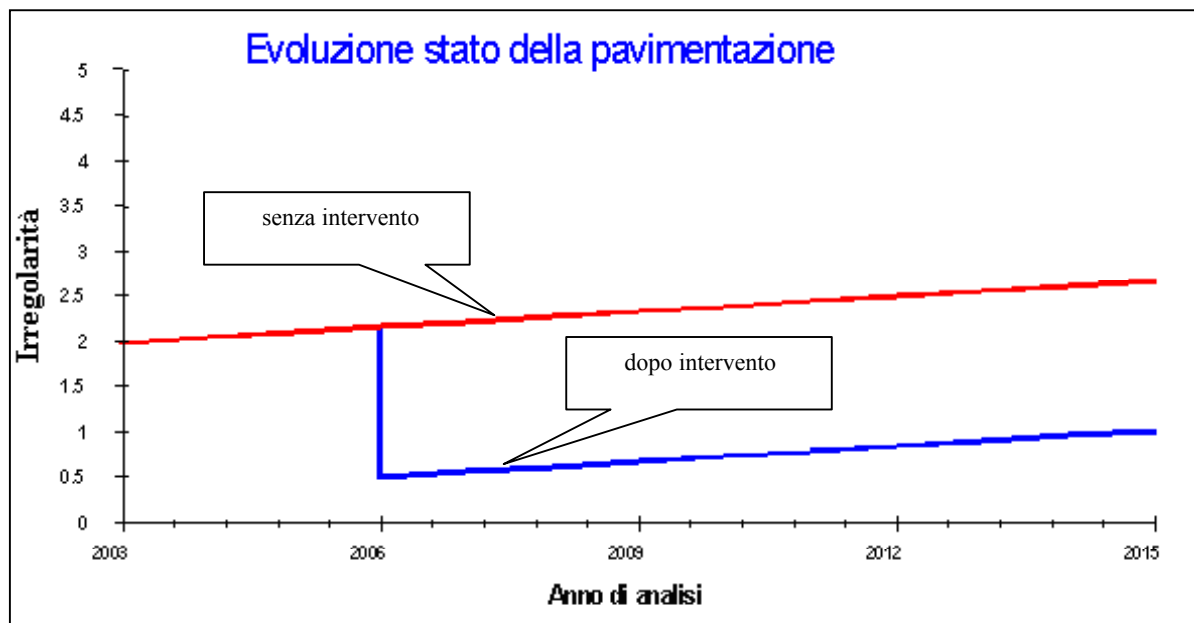


Figura 1.1.: Esempio di proiezione del comportamento futuro con o senza intervento di manutenzione.

1.2. Premesse per l'introduzione di sistemi di gestione

Come indicato sopra, la disponibilità delle informazioni essenziali per una presa di decisione in merito alla manutenzione è uno degli elementi principali o delle condizioni di base per un sistema di gestione. Se il termine generico di "informazione" può apparire relativamente evidente e chiaro a prima vista, la sua interpretazione finale è ben più complicata e richiede un lavoro di preparazione importante che deve porre particolare attenzione a:

- assicurare la precisione nella definizione del riferimento spaziale,
- definire chiaramente i singoli dati (formato, validità, contenuto),
- definire i metodi di rilevamento di singoli valori ed eventuali regole di valutazione,
- organizzare in modo conveniente la memorizzazione dei dati,
- assicurare l'aggiornamento regolare dei dati.

Riferimento spaziale

Un sistema accurato di riferimento spaziale è essenziale per la memorizzazione dei dati e la loro successiva elaborazione con combinazione di diversi gruppi di dati (stato della pavimentazione, caratteristiche costruttive, dati sul traffico, ecc.) e nell'ambito di un confronto di diverse serie di dati, per esempio dati provenienti da campagne successive di monitoraggio dello stato delle pavimentazioni.

I sistemi di riferimento spaziale si distinguono essenzialmente in sistemi "continui" e sistemi "discontinui":

- il sistema a chilometraggio continuo (progressive continue) è uno dei più utilizzati anche se presenta un certo numero di inconvenienti: posizione dei cartelli o cippi chilometrici a interdistanze non esattamente uguali al km; problemi di riposizionamento in caso di correzioni al tracciato, ecc.;
- il sistema "nodale", come è praticato per esempio in Germania, attribuisce ad ogni "nodo" (generalmente un'intersezione di due assi stradali, confine di provincia, ecc.) un'indicazione unica. Le indicazioni di stazionamento ripartono da zero ad ogni nodo e comprendono l'identificazione dell'asse stradale, l'identificazione del nodo e la distanza dall'ultimo nodo. I vari nodi possono essere comuni a diversi assi stradali;
- il sistema dei punti di riferimento, come è praticato per esempio in Francia o in Svizzera, attribuisce ad ogni punto di riferimento (unici per ogni strada) un'identificazione e le indicazioni di stazionamento ripartono da zero ad ogni punto di riferimento (PR) e comprendono l'identificazione dell'asse stradale, l'identificazione del PR e la distanza dall'ultimo PR.

Per ognuno dei sistemi sopra indicati, tutti basati sull'aspetto "lineare" di una strada, è possibile, previa la definizione precisa della posizione dell'asse della strada, aggiungere anche informazioni inerenti la sezione trasversale, per indicare per esempio la posizione dei bordi di ogni corsia, lo stazionamento dei segnali posti sul bordo della strada, ecc.

Definizione dei dati

Per definizione dei dati s'intendono quelle precisazioni dettagliate che permettono di chiarire inequivocabilmente il significato ed il valore dei singoli dati, precisazioni poi completate con aspetti formali nei casi in cui questa definizione viene determinata nell'ambito della creazione di un'applicazione informatica (banca dati stradale). A titolo di esempio:

- larghezza della carreggiata:
 - o cosa comprende (da... a; compreso/escluso);
 - o indicazione in metri, mm, ecc.;
 - o numero di decimali (nel caso dell'indicazione in m);
 - o valori minimi e massimi (per eliminare automaticamente valori palesemente errati in una banca dati);
- Traffico giornaliero medio
 - o a cosa si riferisce: corsia, carreggiata unidirezionale, totale delle due direzioni di marcia;
 - o che periodo rappresenta: tutti i giorni dell'anno, tutti i giorni feriali, singoli giorni, ecc.;
 - o che durata di rilievo giornaliero rappresenta: 9 ore, 14 ore, 24 ore, ecc.;
 - o valori minimi e massimi (per eliminare automaticamente valori palesemente errati in una banca dati).

I sistemi di banche dati o catasti delle strade utilizzati in diversi paesi tengono conto delle necessità di definizione elencate qui sopra. Nel caso della creazione di una nuova applicazione è opportuno controllare le definizioni di tutti i dati preesistenti che si vorrebbero introdurre in una nuova banca dati.

Metodi di rilevamento e regole di valutazione

La problematica dei metodi di rilevamento e delle regole di valutazione si riferisce in modo particolare al rilevamento dello stato delle pavimentazioni, eseguito sia sotto forma di rilievo visuale che sotto forma di misura tramite l'uso di apparecchi statici manuali o attrezzature dinamiche ad alto rendimento.

Il degrado superficiale è generalmente rilevato tramite ispezione visuale; il rilievo delle diverse forme di degrado come buche, fessure di vario genere, ecc. è regolamentato da indicazioni precise sulle entità da rilevare che possono includere il numero, la severità o l'estensione (in metri lineari o quadrati, rispettivamente in determinate percentuali della lunghezza o della superficie) dei singoli dissesti o famiglie di dissesti. Queste regole, determinate normalmente nell'ambito della normativa nazionale, sono spesso accompagnate da un documento illustrativo di riferimento, il cosiddetto "catalogo dei dissesti", che permette di standardizzare i rilievi necessariamente soggettivi dei vari rilevatori e di unificare le definizioni delle singole forme di degrado. Esempi di tali cataloghi di degradazioni si trovano negli Stati Uniti (SHRP), Canada, Francia, Danimarca, Olanda, Germania, Austria, Svizzera, ecc.

Le altre caratteristiche della pavimentazione come regolarità longitudinale e trasversale (ormai), aderenza, tessitura e capacità portante sono determinate tramite misura. Per il rilievo di ogni singolo parametro possono essere utilizzati diversi tipi di apparecchio e questi apparecchi arrivano a "produrre" delle cifre di definizione diversa. Se nel caso della misura della profondità d'ormai (definita normalmente come la maggior distanza fra il punto "più basso" di una sezione trasversale ed una retta che si appoggia sui punti "più alti") ogni apparecchio arriva a determinare l'ormai in un valore di distanza in mm, nel caso degli altri parametri la variabilità dei risultati è ben più grande, per esempio:

- nel caso dell'aderenza, la velocità di misura, il pneumatico di misura e il suo carico e la quantità d'acqua sulla superficie (variabili secondo il tipo di apparecchio utilizzato) influiscono sul risultato della misura ed i valori di aderenza ottenuti non sono necessariamente paragonabili (vedasi l'esperimento internazionale AIPCR sull'aderenza e la tessitura) [AIPCR 95];
- nel caso della regolarità longitudinale e anche limitandosi ai soli apparecchi di tipo "profilometrico", gli indicatori prodotti corrispondono ad un'analisi statistica di determinati parametri del profilo rilevato e possono essere di tipo estremamente diverso e non necessariamente riproducibili con ogni tipo di apparecchio. Malgrado un certo numero di critiche, soprattutto per l'utilizzo fuori dall'area dei paesi in sviluppo o in transizione, l'indice IRI, definito sulla base di esperimenti condotti sotto la regia della Banca Mondiale, ha conosciuto una buona diffusione in un grande numero di paesi.

Diversi paesi europei hanno adottato nella loro normativa nazionale una scelta dei parametri da rilevare, delle regole di trasformazione applicabili (per esempio regole di trasformazione per passare dal valore di misura ad un valore di indice con una scala

unica per ogni parametro) e dei dispositivi di misura autorizzati. In aggiunta a queste normative nazionali sono in fase di preparazione anche le norme europee (CEN) per il rilievo dei parametri superficiali delle pavimentazioni.

Organizzazione dei dati

I sistemi di banche dati di tipo relazionale si sono affermati ovunque per la gestione delle quantità di dati legati alla strada e per assicurarne l'integrità. I sistemi utilizzati variano molto da un paese all'altro e persino all'interno delle singole nazioni si vedono convivere sia soluzioni "nazionali" che l'uso di soluzioni informatiche diverse (singoli prodotti di software) nelle varie amministrazioni di una medesima nazione. Quest'ultima soluzione è per esempio quella esistente negli Stati Uniti d'America, dove però l'Amministrazione Federale ha determinato l'elenco o "catalogo" dei dati richiesti (con le indicazioni corrispondenti di formato) per assicurarsi un'entrata in forma uniforme dei singoli stati.

Aggiornamento dei dati

Il valore di una banca dati (e dei dati contenuti) è legato direttamente alla regolarità ed alla disciplina di aggiornamento della stessa banca dati. I paesi che hanno introdotto dei sistemi informatizzati di banche dati per le informazioni stradali hanno pure dovuto risolvere e regolamentare il problema dell'aggiornamento dei dati.

In questo contesto sono pure state rivedute certe scelte iniziali sull'ampiezza del contenuto e sul grado di dettaglio della banca dati (scelte "facilitate o suggerite" in un primo momento dalla enorme capacità di memoria esistente), per limitare i costi non trascurabili dell'aggiornamento dei dati.

1.3. Uso dei sistemi di gestione

I sistemi di gestione sono utilizzati in modo diverso in ogni paese, a dipendenza del grado di completamento del sistema (con o senza la parte analitica con modelli di degrado), di contingenze particolari del momento e della finalità dell'operazione come strumento di scelta tecnica o come strumento d'informazione per le autorità politiche. Un punto comune è l'uso come strumento ausiliario per una presa di decisioni. Queste prese di decisione possono situarsi a diversi livelli:

- definizione delle priorità nelle scelte degli interventi su diverse sezioni di una strada;
- definizione della ripartizione del budget di manutenzione fra le singole reti;
- valutazione della sufficienza delle risorse disponibili (rispettivamente del loro uso efficace) in un periodo precedente, tramite il paragone dello stato medio di una rete stradale nell'anno in corso a confronto con 2 o 3 anni prima;
- definizione del fabbisogno di budget nei successivi anni per poter raggiungere determinati obiettivi: livello medio della rete, percentuale massima di rete in stato inferiore alla soglia X, ecc.;
- dimostrazione del calo di qualità e del fabbisogno futuro nei casi di tagli di budget o come strumento di sostegno delle richieste di budget (vedi figura 1.2).

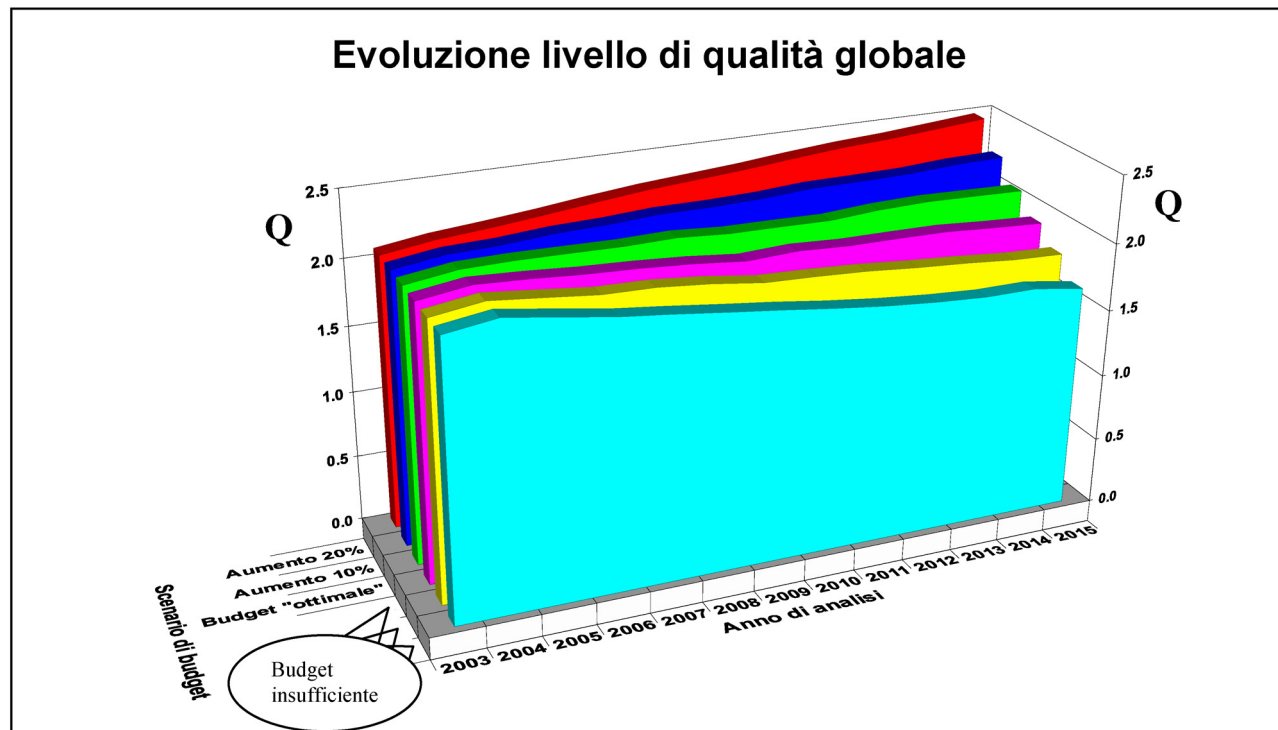


Figura 1.2.: Esempio di proiezione del livello di qualità globale Q (3: valore massimo, 0: valore minimo) per diverse ipotesi di budget nella presentazione dei risultati di un sistema di gestione.

Il sistema di gestione ed in particolare l'elaborazione dei dati disponibili permettono anche di fare certe ricerche mirate, per esempio:

- ricerca delle soluzioni ottimali dal punto di vista della tecnologia dei materiali (quali materiali si sono comportati meglio con quali tipi di traffico?); "bilanci di comportamento" delle pavimentazioni;
- ricerca dei tronchi richiedenti misure d'urgenza dal punto di vista della sicurezza stradale e preparazione di un programma di primo intervento.

Prima di procedere ad un maggior dettaglio, occorre precisare che le finalità di un'attività di gestione possono essere diverse, è quindi necessario individuare al suo interno, due diversi livelli:

- I. LIVELLO DI RETE
- II. LIVELLO DI PROGETTO

Il **livello di rete** e i suoi interlocutori avranno il compito di pianificare e programmare gli interventi di manutenzione, di riabilitazione, di ricostruzione e costruzione della sovrastruttura stradale per l'intera rete di competenza. Il Documento di indirizzo si occupa in particolare di questo livello fornendo così uno strumento che si rivolge all'Amministrazione che impiega il sistema per valutare richieste e quindi ripartire i finanziamenti. Il livello di rete ha quindi un duplice obiettivo: una funzione di programmazione, di supporto alle decisioni politiche (allocazione dei finanziamenti) in modo da ottimizzare l'uso delle risorse (limitate) e mettere in evidenza le prestazioni che la sovrastruttura può garantire nel tempo in relazione alle risorse disponibili; in secondo luogo il livello di rete individua non solo le priorità e le urgenze che la rete prospetta, ma anche tutti gli interventi (necessari per garantire determinati livelli funzionali) che ogni anno devono essere finanziati.

Il **livello di progetto** (non trattato nel Documento di indirizzo) è rivolto invece allo staff tecnico delle Amministrazioni, in quanto in questa fase si devono sviluppare e progettare in modo dettagliato gli interventi specifici di manutenzione.

Nonostante i due livelli di gestione della manutenzione stradale abbiano finalità differenti, è chiaro che essi sono integrati tra loro e quindi anche i relativi interlocutori sono tenuti a cooperare tra loro. La tabella 1.3 riassume le attività riguardanti i due livelli di gestione.

Tabella 1.3.: Struttura dei sistemi di gestione delle pavimentazioni stradali con riferimento alla macro-attività ed ai livelli decisionali.

MACRO-ATTIVITÀ BASE	LIVELLO DI RETE (Decisioni amministrative e tecniche)	LIVELLO DI PROGETTO (Decisioni tecniche)
DATI	Sezionamento della rete Acquisizione dei dati Rappresentazione dello stato della rete Elaborazione dei dati	Sottosezionamento delle rete Acquisizione dei dati di dettaglio Elaborazione dei dati
CRITERI	Definizione dei livelli di funzionalità minimi o massimi accettabili Definizione dei programmi di spesa Definizione del massimo livello di disturbo agli utenti Definizione dei criteri di scelta	Condizioni di funzionalità minime e massime all'atto della costruzione Costi massimi dei progetti Criteri di scelta (p.e. minimo valore netto attuale VAN, ecc.)
ANALISI	Determinazione delle esigenze di manutenzione attuali e future degli elementi della rete Individuazione di una scelta "ottimale" degli interventi di manutenzione sugli elementi Individuazione degli interventi di manutenzione alternativi sugli elementi Analisi delle priorità per differenti livelli di budget o per differenti livelli di prestazione	Sviluppo di campagne di prove in sito ed in laboratorio nei siti di progetto Previsione della prestazioni funzionali e strutturali delle diverse alternative di progetto Valutazione economica delle alternative
SCELTA	Determinazione del programma di manutenzione e riabilitazione Sviluppo delle raccomandazioni di accompagnamento al programma	Individuazione dell'alternativa progettuale ottimale
IMPLEMENTAZIONE	Programmazione temporale degli interventi Definizione delle gare di appalto e degli importi Monitoraggio della programmazione Aggiornamento dei piani finanziari ed economici Aggiornamento delle caratteristiche di inventario della base dati	Controllo delle attività di costruzione (controllo di qualità e accertamento delle caratteristiche al termine dell'esecuzione) Registrazione delle modalità di esecuzione e gestione dei lavori Aggiornamento della banca dati

2. Dati di archivio

2.1. Premessa

La manutenzione programmata delle pavimentazioni stradali si basa essenzialmente, come già sottolineato, su delle analisi approfondite di tutta una serie di dati riguardanti le pavimentazioni. A tale scopo sarà necessario poter disporre, a livello di tutta la rete stradale compresa in ogni giurisdizione, delle informazioni essenziali per poter svolgere le analisi sopra citate. L'organizzazione di questi dati, con delle appropriate soluzioni informatiche, facilita notevolmente lo svolgimento delle analisi e permette allo stesso tempo un controllo razionale della completezza dei dati.

I dati che gli Enti gestori acquisiscono sono stati riportati nell'allegato tecnico specifico del Documento di Indirizzo (allegato A "dati di archivio"). In questa sede si vogliono evidenziare invece le particolarità e le problematiche che presenta la costituzione dell'archivio.

2.2. Caratteristiche dei dati di archivio e relazioni con le altre componenti del sistema informativo strade

Le categorie di dati che dovranno essere acquisiti dalle Amministrazioni sono solitamente suddivisi in due categorie: **dati di inventario** e i **dati di stato**. I primi vengono aggiornati solo periodicamente e risultano piuttosto stabili nel tempo, mentre i secondi vengono aggiornati con maggior frequenza. Tra i dati di inventario si annoverano dati storici, amministrativi, geometrici, etc.. I dati di stato, invece, subiscono maggiori variazioni nel tempo e devono essere continuamente monitorati (per esempio tutte le caratteristiche superficiali delle pavimentazioni).

Nella definizione dei dati occorre tenere presenti i criteri adottati per la costituzione e l'aggiornamento delle banche dati. In particolare si fa riferimento all'art. 13, comma 6, del decreto legislativo 30 aprile 1992 n. 285 (Nuovo Codice della Strada) che prevede l'obbligo, per gli Enti proprietari delle strade, di istituire e tenere aggiornati la cartografia (grafo stradale: dati geografici, cioè dotati di componente spaziale georeferenziata) ed il Catasto delle Strade (dati alfanumerici). Appare chiaro che quest'ultimo sia uno degli strumenti fondamentali per la costituzione di una banca dati. Le modalità per istituire e aggiornare il Catasto delle Strade sono stabilite da apposito decreto (D.M. 1 giugno 2001). In particolare il suddetto decreto sancisce:

1. **Caratteristiche del Catasto delle Strade:** lo scopo principale del Catasto è di contenere l'inventario di tutte le strade ad uso pubblico presenti sul territorio nazionale.
2. **Codifica dei dati:** gli oggetti di interesse del Catasto devono essere classificati e codificati per una migliore gestione informatica.
3. **Modalità di acquisizione dati:** gli elementi sopra indicati possono essere rilevati direttamente oppure dedotti da cartografia esistente, se idonea.
4. **Specifiche informatiche della struttura del database:** si rifanno in parte alla norma CEN TC 278, Geographic Data Files (GDF), versione 3.0 del 12 ottobre 1995 (estratto dalla suddetta norma presente nell'appendice-1- del D.M.1 giugno 2001).

Correlate con tale tematica, la Regione Lombardia, negli ultimi anni, ha avviato una serie di iniziative in collaborazione con gli Enti gestori. In particolare si fa riferimento alla realizzazione dello studio IReR "Progetto per la definizione delle specifiche della struttura informatica di base del Catasto Stradale della Regione Lombardia" (2001) e al progetto "Sistema di editing distribuito per l'aggiornamento del grafo delle strade e dei dati del Catasto Stradale" (2005, e attualmente in fase di implementazione).

Indipendentemente dai dati che verranno scelti per costituire il sistema di gestione delle manutenzioni, deve essere in ogni caso garantita la coerenza con le altre componenti del Catasto e il grafo stradale in accordo con le specifiche regionali, definite rispettivamente nell'Allegato M (Protocollo di scambio dati) al documento "Progetto per la definizione delle specifiche della struttura informatica di base del Catasto Stradale della Regione Lombardia" e successive modifiche e nel documento "Editing distribuito del grafo stradale - Linee guida per gli Enti Gestori".

3. Indici di stato

3.1. Necessità e utilizzazione degli indici di stato

La gestione della manutenzione richiede in linea di principio indici di stato e conoscenza della loro evoluzione nel tempo per quattro ragioni ben diverse:

- la scelta e la determinazione del tipo idoneo di intervento;
- il calcolo dei costi degli interventi di manutenzione;
- la valutazione dello stato delle pavimentazioni;
- il confronto tra diversi tronchi stradali, sulla base della stessa scala di valutazione per stabilire le priorità.

Gli indici scelti devono servire ad almeno uno degli scopi indicati. Nel caso contrario questi indici e le spese corrispondenti di rilievo sarebbero inutili.

Nell'ambito dello scopo generale della gestione della manutenzione, gli indici di stato possono essere collegati agli elementi decisionali seguenti:

- rappresentazione dello stato generale di un tronco o di una rete stradale,
- indicazione di livelli di qualità,
- scelta dell'intervento idoneo,
- indicazione delle soglie per la pianificazione o l'esecuzione di interventi (trigger),
- utilizzo per modelli di degrado (curve di degrado) (vedi figura 3.1.),
- rappresentazione del miglioramento dopo l'esecuzione di un intervento (reset); possibilità di definire il beneficio di un intervento (vedi figura 3.1.),
- uso di una sola scala di valutazione per il confronto fra singoli tronchi, strade o reti.

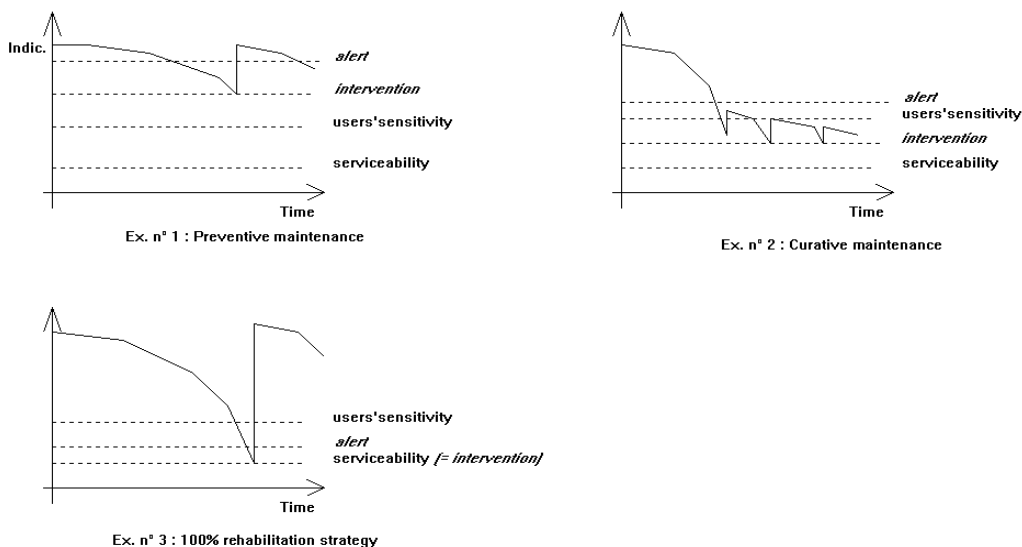


Figura 3.1.: Esempi di possibili strategie di manutenzione e delle soglie corrispondenti [PAV-ECO, Rapporto finale e rapporti parziali, Danish Road Institute, Roskilde,1999].

3.2. Esigenze per la qualità dei dati

Indipendenza dei dati

L'indipendenza dei dati è un aspetto importante del rilievo dello stato delle pavimentazioni. Per indipendenza dei dati s'intende una metodologia di rilievo con un riferimento spaziale dei dati senza collegamento a frazionamenti della rete d'altra natura e per altri scopi (con il rischio eventuale di una variabilità nel corso del tempo). In tal modo si potrà assicurare che i dati rilevati possano essere utilizzati per molteplici scopi.

Controllo e qualità dei dati

Il controllo dei dati riguarda sia i rilievi effettuati con mezzi propri che i rilievi effettuati da terzi e comprende il controllo delle apparecchiature impiegate, il controllo del riferimento spaziale e infine il controllo dei dati veri e propri.

- *Controllo delle apparecchiature* - L'uso di strumenti speciali ad alto rendimento per il rilievo dinamico (sotto traffico) di diversi parametri dello stato delle pavimentazioni è sempre più frequente. L'affidabilità di questi apparecchi dipende dalle loro caratteristiche costruttive e dalla regolare manutenzione e taratura degli apparecchi. Nel caso di rilievi effettuati da terzi deve essere approvato l'apparecchio previsto per il rilievo e devono essere richiesti e controllati i documenti relativi alla taratura degli apparecchi.
- *Controllo del riferimento spaziale* - Prima del controllo dei dati sul rilievo dello stato delle pavimentazioni è necessaria la verifica dell'esattezza delle indicazioni concernenti il riferimento spaziale dei dati (lunghezza totale, intervalli fra punti intermedi, ecc.) in particolare nel caso di una ripetizione di misure per assicurare il confronto tra dati validi per il medesimo intervallo di rilievo.
- *Controllo dei dati* - Per il controllo dei dati possono essere utilizzati sia dei metodi che comprendono il lavoro di rilievo (ripetizione del rilievo su tratte predefinite) o che si limitano esclusivamente ai dati tramite controlli di plausibilità, analisi statistiche, ecc..

3.3. Valutazione dello stato delle pavimentazioni

Per una corretta pianificazione della manutenzione stradale è necessario conoscere lo stato della strada che viene ben rappresentato da una serie di indici (possibilmente parametri fisici misurabili) relativi a caratteristiche intrinseche della sovrastruttura. La scelta degli indici andrà ad influenzare tutta l'architettura del sistema di gestione, andando a interessare tutte le fasi critiche dell'elaborazione dei dati (degrado nel tempo, valutazione benefici, valutazione delle condizioni della strada, composizione dell'indice fondamentale di qualità della pavimentazione, etc.).

I parametri che è necessario conoscere possono essere raggruppati in due categorie:

- Strutturali
- Funzionali

I primi misurano tutte quelle degradazioni che si manifestano come rottura degli strati della pavimentazione e si riferiscono all'attitudine della pavimentazione a sopportare i carichi di traffico per un predeterminato periodo di tempo senza rotture o degradazioni; gli indicatori relativi riguardano principalmente la capacità portante ed i relativi degradi superficiali.

Le condizioni funzionali della pavimentazione si riferiscono invece alla sua attitudine a consentire il passaggio dei veicoli in condizioni di comfort e sicurezza, in relazione alla velocità di percorrenza prevista; i relativi indicatori sono inerenti alla regolarità superficiale e all'aderenza superficiale.

E' opportuno premettere che gli indici di stato possono essere a loro volta classificati in specifici e sintetici (o globali), intendendo per indici specifici quelli danno una rappresentazione di una ben determinata caratteristica della sovrastruttura, mentre gli indici sintetici forniscono una rappresentazione sinottica dello stato della sovrastruttura o di alcune sue caratteristiche congiuntamente.

Di seguito si introdurranno i principali indicatori specifici richiamando i principali riferimenti da seguire per una corretta misura degli stessi. Successivamente verranno presentati alcuni indici sintetici ricavati a partire dalla valutazione degli indici specifici. Gli indici sintetici risultano di estrema utilità nei sistemi di gestione anche per fornire un giudizio di tutto il complesso strada; un indice globale può essere quindi strutturato anche per accogliere al suo interno indicatori che possono prevedere una valutazione di altre caratteristiche della strada oltre a quelle relative la pavimentazione, come la sicurezza, ma anche segnaletica orizzontale e verticale, ecc. Ovviamente categorie di strade diverse possono e devono prendere in considerazione un numero complessivo di indicatori diverso, numero che dovrebbe decrescere nelle tipologie di strade con minore traffico o di ridotta importanza.

3.3.1. INDICI SPECIFICI

L'esperienza maturata ormai a livello nazionale e internazionale ha permesso di individuare e rappresentare lo stato della pavimentazione attraverso indici che facciano riferimento alle seguenti caratteristiche intrinseche:

1. regolarità longitudinale;
2. regolarità trasversale;
3. aderenza pneumatico-pavimentazione;
4. capacità portante;
5. degradazioni superficiali.

La conoscenza di tali caratteristiche permette di costruire un quadro chiaro dello stato della rete nei confronti di tutti gli aspetti fondamentali che un Ente gestore deve sempre avere ben presenti, soprattutto in un'ottica che vede sempre di più l'utente della strada come un cliente e non come un semplice utilizzatore dell'infrastruttura. In questo senso gli indicatori 1, 2, 3 e 5 sono fondamentali per garantire adeguati livelli di sicurezza, mentre per offrire un comfort coerente con la classificazione della strada occorre monitorare la regolarità ed il degrado superficiale. Per quanto riguarda il costo del trasporto la regolarità longitudinale sembra essere il fattore decisivo.

La durata residua della pavimentazione è invece influenzata dalle condizioni relative alla regolarità (longitudinale e trasversale), alle degradazioni superficiali e soprattutto alla portanza strutturale della sovrastruttura.

Per ciascuna delle caratteristiche sopra menzionate si illustreranno gli indici specifici di maggiore impiego e le modalità di rilevamento più diffuse.

1. REGOLARITA' LONGITUDINALE (PLANEITÀ)

La regolarità longitudinale delle pavimentazioni costituisce uno dei criteri di qualità, associato ad esigenze ben definite, per pavimentazioni nuove e rinnovate, e serve da tempo a caratterizzare la qualità di utilizzazione di una pavimentazione, soprattutto a livello di comfort. Ma cosa è la regolarità longitudinale? Per rispondere a questa domanda è più semplice definire l'irregolarità. L'irregolarità di un tratto di pavimentazione può essere definita come una misura qualsiasi della deviazione del profilo reale da una linea retta di riferimento, per esempio un profilo "ideale" immaginario. Sulla base di una tale definizione sono stati sviluppati diversi metodi di misura e di calcolo per quantificare queste deviazioni e determinare in tal modo un "valore di regolarità" dipendente dal profilo.

Diversi studi di ricerca e un'esperienza pratica pluriennale presso diverse amministrazioni stradali hanno dimostrato che il valore dell'irregolarità, o meglio la sua variazione nel corso del tempo, può essere considerato un buon indicatore generale dello stato della pavimentazione (ogni ulteriore cambiamento/peggioramento dello stato della pavimentazione si manifesterà anche sull'irregolarità e più una pavimentazione è irregolare più saranno presenti anche altre forme di degrado). Inoltre è stato evidenziato che la regolarità risulta legata alle proprietà strutturali della sovrastruttura: la presenza di una pavimentazione scarsamente regolare comporta un'esaltazione dei carichi dinamici indotti dai veicoli che la percorrono, con conseguenti ripercussioni sulla degradazione della stessa.

La misura della regolarità longitudinale rappresenta perciò una base di apprezzamento importante nell'ambito del monitoraggio dello stato delle pavimentazioni e nella gestione della manutenzione.

Le conseguenze di forti irregolarità di una pavimentazione stradale non si limitano però agli aspetti di comfort del conducente ma influiscono anche su altri fattori come per esempio i costi dell'utente, in particolare tramite un consumo maggiorato di carburante e sollecitazioni dinamiche sulle pavimentazioni che acquistano importanza con l'aumento delle irregolarità e che possono condurre ad una progressione accelerata del degrado della pavimentazione.

La perdita di regolarità può essere causata da fattori quali:

- Deterioramento superficiale, costituito in particolare da sgranamenti, spogliamenti degli elementi litici, distacco di inerti, ecc.. Le cause potrebbero essere la deficienza di composizione e posa in opera di conglomerati bituminosi, invecchiamento del legante e distacco degli inerti.
- Ondulazioni longitudinali: avvallamenti longitudinali di ampiezza variabile che possono essere conseguenza della posa difettosa dei conglomerati bituminosi o di deformazioni viscoplastiche degli stessi.
- Depressioni localizzate.

- Valori profilometrici

Per rilevare il profilo longitudinale esistono diversi metodi e apparecchi che vengono utilizzati per una misura continua a velocità anche elevate (oltre i 100 km/h), rendendo possibile il rilievo della regolarità nel normale flusso di traffico. Ogni metodo/apparecchio produce normalmente un indicatore specifico (frequentemente risultante da un'analisi statistica su sezioni a lunghezza fissa, es. 100 m) che può essere correlato con altri indici di regolarità. Uno degli indici di regolarità più diffusi, appunto perché volutamente può essere determinato utilizzando diversi tipi di apparecchi, è l'indice IRI (International Roughness Index).

L'indice di regolarità internazionale IRI è stato definito in seguito a studi ed esperimenti pratici sotto la guida della Banca Mondiale allo scopo di poter disporre dappertutto del medesimo indicatore della regolarità delle pavimentazioni. La scala di valutazione (vedi figura 3.2.) è praticamente aperta verso l'alto (un valore IRI di 0 corrisponde ad una regolarità perfetta) e considera anche la valutazione di strade in terra battuta senza rivestimento.

La valutazione di tale indicatore viene fatta a partire da misure profilometriche, le quali vengono analizzate attraverso una procedura standardizzata riportata nelle norme [ASTM E1926].

La scelta di tale parametro dipende essenzialmente da due caratteristiche: in primo luogo tale misura risulta essere poco sensibile alle variazioni che si riscontrano nei profili forniti da diverse apparecchiature di misura, almeno nell'ambito delle attrezzature di maggior impiego; in secondo luogo tale parametro fornisce una misura ben correlata con la percezione che gli utenti hanno della qualità della strada.

A tale proposito si deve osservare che il giudizio che gli utenti danno della regolarità longitudinale di una pavimentazione stradale è funzione, a parità di valori dell'indice IRI, della velocità alla quale essi percorrono la strada, pertanto sembra opportuno che il giudizio critico tenga in debita considerazione tale aspetto. Ciò dal punto di vista operativo si traduce nella individuazione di intervalli differenti in funzione delle categorie di strade, ed in particolare possono, ad esempio, essere individuati tre insiemi in assonanza con quanto prescritto dal codice della strada:

- autostrade e strade extraurbane principali,
- strade extraurbane secondarie,
- strade locali.

Considerati i limiti di velocità vigenti su tali categorie di strade è necessario individuare, per ciascuna categoria, gli intervalli dell'indice IRI da associare a delle classi qualitative.

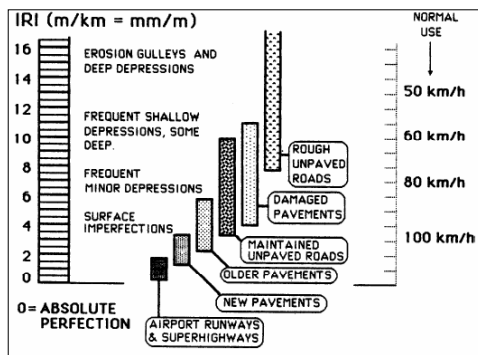


Fig. 3.2.: Scala di valutazione IRI [Sayers 86].

2. REGOLARITÀ TRASVERSALE

La regolarità trasversale è pure un indicatore di comfort (in misura secondaria), ma soprattutto un fattore importante per la sicurezza. La misura della regolarità trasversale con registrazione del profilo e/o con il rilievo delle profondità massime è di per se un compito relativamente facile. Analogamente è anche facile la definizione di questa caratteristica attraverso la deviazione verticale da un profilo ideale caratterizzato da una retta. Il rilievo della regolarità trasversale è però più laborioso dal punto di vista dell'esecuzione pratica su percorsi lunghi essendo una misura discontinua e l'uso di apparecchi manuali esige misure di sicurezza che comportano un disturbo al traffico.

Difetti del profilo trasversale (formazione di ormaie) hanno effetti negativi e richiedono l'esecuzione di misure di manutenzione. La conseguenza più pericolosa delle ormaie è il rischio che vi si raccolga e concentri dell'acqua in caso di pioggia, favorendo così gli sbandamenti per acquaplaning soprattutto nei casi in cui le condizioni geometriche (pendenze longitudinali e trasversali) sono sfavorevoli e il deflusso normale dell'acqua è problematico. Per il rischio dell'acquaplaning non contano infatti le profondità massime delle ormaie ma le profondità teoriche d'acqua (vedi figura 3.3) che può essere raccolta in un'ormaia senza riversarsi oltre i bordi. In alcuni casi, soprattutto in presenza di bordi molto pronunciati e sagomati che vengono percepiti come irregolarità nei casi di cambiamento di corsia, le ormaie possono anche avere effetti sfavorevoli sul comportamento dinamico dei veicoli fino alla perdita di controllo del veicolo. Un ulteriore effetto sfavorevole delle ormaie è una possibile accelerazione del processo di degrado concentrando i carichi sulle ormaie, cosa che conduce localmente a sollecitazioni più importanti e concentrate.

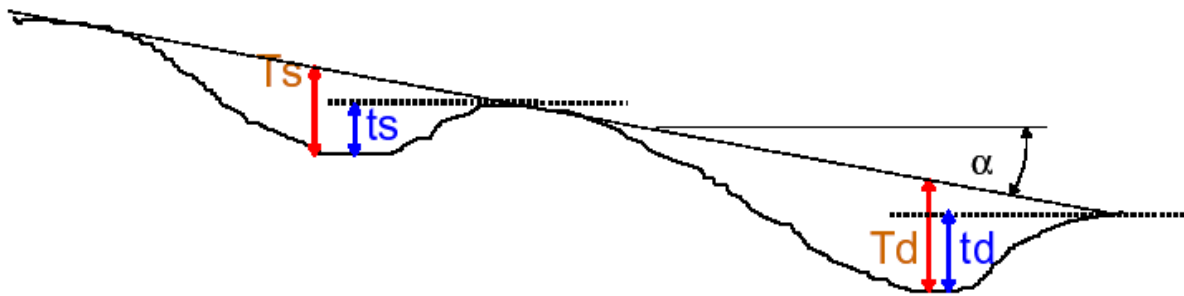


Figura 3.3.: Parametri caratteristici del profilo trasversale: T = profondità dell'ormaia, s: sinistra/d: destra, t = profondità teorica d'acqua, α = pendenza trasversale.

Diversi paesi si limitano a valutare la profondità massima dell'ormaia (anche usata come criterio di dimensionamento) per le difficoltà tecniche e lo sforzo supplementare per il calcolo delle profondità teoriche d'acqua. Molto spesso il valore di 20 mm è considerato come limite superiore di accettabilità e la soglia dei 12/15 mm viene definito un "valore d'allarme o di intervento".

I valori della profondità teorica d'acqua devono essere valutati sotto l'aspetto della sicurezza tenendo conto, ad esempio, dei valori indicativi seguenti che si riferiscono alla normativa svizzera [SN 640925]:

Autostrade e strade con velocità massima > 80 km/h: $t_{max} = 4 \text{ mm}$

Altre strade : $t_{max} = 8 \text{ mm}$

I valori indicati nella norma sopraindicata non tengono conto della pendenza longitudinale e non sono applicabili alle condizioni stradali negli agglomerati urbani (il rischio di aquaplaning è minore con velocità di traffico ridotte). All'interno delle zone abitate bisogna comunque tener conto della profondità teorica d'acqua per gli spruzzi d'acqua generati dai veicoli e fastidiosi per i pedoni.

3. ADERENZA

L'aderenza di una pavimentazione è uno dei parametri che influenzano maggiormente la sicurezza, come nel caso della regolarità trasversale. L'aderenza di una pavimentazione stradale viene normalmente espressa con il coefficiente di attrito fra pneumatico e pavimentazione.

Le condizioni di attrito sono generalmente buone su fondo asciutto, mentre su fondo bagnato le cose possono cambiare considerevolmente ed è quindi per queste condizioni che l'aderenza riveste un'importanza particolare. In tali condizioni le caratteristiche di aderenza possono anche essere espresse indirettamente tramite la qualificazione dei maggiori fattori di influenza sull'aderenza vera e propria: questi fattori sono legati alla struttura geometrica della superficie della pavimentazione, ossia alla tessitura della superficie. A complemento della misura delle caratteristiche di aderenza, il monitoraggio e l'analisi degli incidenti stradali, in particolare degli incidenti su fondo bagnato, aiutano ad individuare la presenza di un possibile problema di aderenza e di drenaggio superficiale (pendenze trasversali).

- Micro e macro-tessitura

Le caratteristiche di aderenza di una pavimentazione stradale sono determinate dalla presenza di una pellicola d'acqua sulla superficie, da una eventuale presenza di residui polverosi e soprattutto dalla macro e dalla microtessitura dello strato superficiale (dal punto di vista dell'automobilista sono da considerare anche le caratteristiche dei pneumatici ed in particolare la sagoma e la profondità del profilo del battistrada). La macrotessitura è determinata dalla rugosità superficiale come prodotto della forma e della posizione dei singoli inerti di uno strato superficiale e dagli spazi intercalati e determina in modo significativo le capacità drenanti nella zona di contatto fra pneumatico e pavimentazione. La microtessitura è determinata dalla rugosità della superficie del singolo inerte e determina in primo luogo le caratteristiche di aderenza.

Le caratteristiche combinate di micro e di macrotessitura influiscono fortemente sulla dipendenza dell'aderenza dalla velocità su fondo bagnato come indicato schematicamente nella figura 3.4. La figura illustra a titolo indicativo anche l'andamento dei valori di aderenza su fondo asciutto e su fondo ghiacciato ai due estremi della fascia delle curve per il comportamento su fondo bagnato.

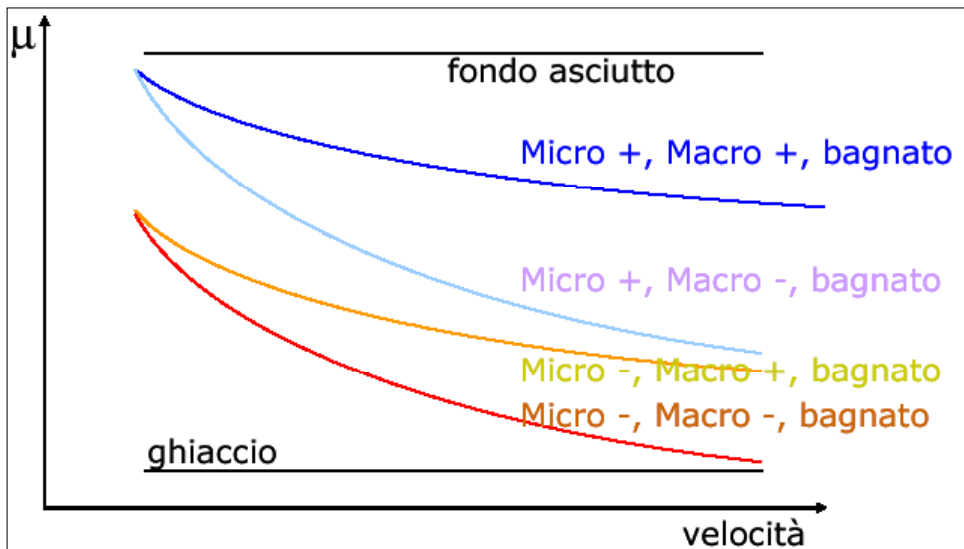


Figura 3.4.: Influenza della micro e della macrotestitura sulla variabilità delle condizioni di aderenza in funzione della velocità.

4. CAPACITÀ PORTANTE

La capacità portante di una pavimentazione, rappresentata normalmente dal risultato di una misura di deflessione, è un'indicazione dell'omogeneità e della resistenza alle deformazioni di una sovrastruttura stradale. Il valore di deflessione può anche indicare se una sovrastruttura sia in grado di resistere ancora alle sollecitazioni esistenti. Questo tipo di misura è particolarmente interessante per tutte quelle strade che sono "cresciute" nel corso degli anni e per le quali non si dispone di una documentazione sulla struttura dei vari strati. La deflessione permette uno sguardo all'interno della sovrastruttura e la determinazione della capacità portante della pavimentazione esistente in modo non distruttivo. Se le diverse caratteristiche superficiali (regolarità longitudinale e trasversale, aderenza, degrado superficiale) sono soggette ad un'evoluzione continua nel corso della durata di utilizzazione di una pavimentazione (fino al raggiungimento dei valori limite rispettivi) e hanno quindi un carattere prettamente evolutivo, la deflessione rappresenta un indicatore che rimane praticamente costante per lunghi periodi e che è determinato essenzialmente dalla struttura della pavimentazione e dalle caratteristiche del sottofondo.

Vi sono variazioni di carattere stagionale nel corso dell'anno sotto l'influsso della temperatura sugli strati bituminosi, sugli strati non legati della pavimentazione e sul sottofondo (gelo) in combinazione con le variazioni naturali della falda freatica ed eventuali effetti del disgelo.

Durante il periodo iniziale dopo la costruzione si può frequentemente rilevare una diminuzione dei valori di deflessione in seguito a post-compattazione e consolidamento.

L'apporto di strati supplementari di rinforzo sulla pavimentazione esistente ha pure l'effetto di ridurre i valori di deflessione. Aumenti chiari e irreversibili delle deflessioni capitano repentinamente e non sono prevedibili, per esempio nel caso di forti infiltrazioni d'acqua nel sottofondo (tubazioni rotte, inondazioni) e in caso di rottura di strati di base in misto cementato (perdita dell'effetto di lastra); in ambedue i casi l'aumento delle deflessioni sarà accompagnato da altri danni ben visibili (fessurazione, avvallamenti).

L'impiego delle misure di deflessione nell'ambito di un programma di gestione della manutenzione non sarà dunque generalmente di tipo ripetitivo di breve termine sull'insieme della rete ma piuttosto come ricerca delle informazioni di base per il dimensionamento dei rinforzi su quei tronchi già ritenuti pronti per un prossimo intervento sulla base di altre misure ed osservazioni e per i quali si presume una capacità portante insufficiente come una delle cause del degrado.

5. DEGRADAZIONI SUPERFICIALI

La conoscenza precisa dello stato di degrado di una pavimentazione è particolarmente importante per:

- la determinazione delle cause specifiche del degrado
- la scelta del tipo di intervento più idoneo
- la determinazione delle priorità e dell'urgenza a livello di rete stradale (pianificazione degli interventi).

Una semplice analisi dei danni basta in molti casi per esprimere un'ipotesi sulle cause del degrado. Questa ipotesi sarà poi convalidata dai risultati di un'analisi dell'oggetto in esame (il tronco di pavimentazione stradale) che evidenzierà i diversi difetti che conducono ai danni riscontrati.

Per danni superficiali s'intendono tutte le forme visibili di degrado della pavimentazione come:

- **Deformazioni:** le principali forme di deformazione sono gli avvallamenti, le ingobbature di conglomerato, le ormaie e le ondulazioni trasversali. Il primo di questi danni è la conseguenza di una scarsa capacità portante della sovrastruttura, rispettivamente del sottofondo e dell'intero pacchetto dei strati, e del loro sovraccarico da parte di un numero eccessivo di carichi elevati. Quando il danno aumenta di importanza e soprattutto nel caso di un pacchetto di strati legati al bitume troppo sottile si notano frequentemente delle fessure a ragnatela o pelle di coccodrillo. Gli altri danni elencati sono generalmente la conseguenza di una scarsa qualità dei materiali di alcuni strati legati, eventualmente anche di un grado di compattazione insufficiente, soprattutto nel caso di condizioni con sollecitazioni particolari (carico elevato e canalizzato, temperature alte nel caso delle ormaie per deformazione plastica, e uso di pneumatici chiodati per le ormaie dovute all'usura).

- **Fessure:** le cause per la formazione delle fessure sono generalmente legate alla fatica per sollecitazioni eccessive e ripetute o ad effetti termici (contrazione dei materiali a temperature basse). Altre cause comprendono la risalita di fessure preesistenti o formate negli strati inferiori e le sollecitazioni causate dalla formazione di ghiaccio. La resistenza alla formazione di fessure dei conglomerati bituminosi varia a dipendenza delle temperature e dell'indurimento del legante nel corso degli anni. La formazione di fessure ha inoltre delle conseguenze supplementari dal punto di vista dell'impermeabilità delle pavimentazioni (ogni fessura rappresenta un potenziale punto d'entrata per l'acqua) e della creazione di punti deboli dove possono iniziare perdite di materiale sotto l'influsso del traffico e per effetti climatici. Le fessure possono essere longitudinali (parallele all'asse stradale), trasversali, di giunto, a blocchi, a pelle di coccodrillo.
- **Rappezzi e riparazioni:** questi non rappresentano un vero e proprio danno ed una riparazione eseguita a regola d'arte può anche ripristinare integralmente il danno preesistente. La loro presenza nell'ambito della lista dei danni è motivata dal fatto che ogni rappezzo o riparazione costituisce un disturbo ottico della regolarità della pavimentazione e perché il tipo e la quantità dei rappezzi sono un segnale della qualità generale della costruzione originale. La qualità d'esecuzione costituisce molto spesso una discontinuità percepibile del manto stradale e le riparazioni eseguite sommariamente sono generalmente il punto d'inizio per la formazione di altri danni, in modo particolare i bordi dove iniziano fessure e perdite di materiale. Le aree urbane sono particolarmente critiche perché oltre ai rappezzi e alle riparazioni per eliminare determinati danni ci si trova a confrontarsi con il riassetto di diversi lavori di scavo per condotte sotterranee di vario tipo, la cui esecuzione lascia molto a desiderare. Questi scavi sono da considerare in modo analogo ai rappezzi per quanto concerne l'integrità della pavimentazione.
- **Altre forme di danno:** in questa parte si raggruppano gli ammaloramenti superficiali che non appartengono alle categorie precedentemente descritte. Tra questi si trovano: rifluimento di legante, usura superficiale, distacco dello strato di usura e buche.

3.3.2. MONITORAGGIO E RILIEVO DEGLI INDICATORI SPECIFICI

METODI DI RILIEVO DELLA REGOLARITÀ LONGITUDINALE

- Misura con la stadia

Il metodo più semplice per il rilievo delle irregolarità, praticato correntemente sui cantieri per il controllo della conformità alle esigenze di qualità, è la misura della deviazione massima sotto una stadia di 3 o 4 metri di lunghezza. Questo metodo manuale, che permette la verifica di irregolarità locali non è però adatto per il rilievo di tratte di una certa lunghezza.

- Apparecchi di misura

La valutazione della regolarità superficiale si basa su due diversi principi di misura. Nel primo caso si fa riferimento alla misura dell'effetto dinamico (accelerazioni verticali) indotto sull'attrezzatura o su un veicolo che viaggia a velocità costante al di sopra di una superficie pavimentata.

Nel secondo caso invece si rileva il profilo geometrico della pavimentazione, profilo in base al quale sono ricavati degli indici di valutazione delle irregolarità presenti ed aventi diverse lunghezze d'onda (ad esempio l'ARAN - figura 3.5 - disponibile anche come apparecchio multifunzionale -, il GMR profilometer e l'APL, vedi fig. 3.6).



Fig.3.5.: A.R.A.N.



Fig. 3.6.: A.P.L. (molto diffuso in Francia).

- Elaborazione delle misure su strada per il calcolo degli indicatori

Alcuni apparecchi (ARAN, Laser RST, Greenwood Profiler) misurano il profilo longitudinale tramite due laser (uno per ciascuna wheel path¹) accoppiati a due accelerometri: il laser fornisce la distanza da terra dell'apparato, mentre dall'accelerometro si ricavano gli spostamenti verticali dell'apparato. Il profilo è dato dalla differenza tra queste due altezze.

L'ampia varietà degli apparati esistenti che rilevano la regolarità di una pavimentazione ha spinto, nell'ottica di una politica di armonizzazione e standardizzazione tecnologica di livello mondiale, alcuni organismi ed istituzioni scientifiche di diversi paesi verso la definizione di una misura comune della regolarità di una pavimentazione, che fosse facilmente misurabile, direttamente o mediante correlazioni ricavate con gli altri indici normalmente utilizzati.

Si è arrivati così alla definizione del già citato *indice internazionale di irregolarità* (International Roughness Index o IRI), proposto durante l'esperienza internazionale sulla regolarità stradale tenutosi in Brasile nel 1982. L'IRI è una misura standardizzata di irregolarità longitudinale calcolata in modo simile a quanto ottenuto con le apparecchiature che misurano la regolarità di una pavimentazione attraverso la risposta di un veicolo tipo che la percorre; le unità di misura utilizzate sono: m/Km o mm/m. La misura ottenuta da questo veicolo tipo è definita come pendenza media rettificata (Average Rectified Slope o ARS) e rappresenta il rapporto fra gli spostamenti cumulati delle sospensioni di un veicolo e la distanza percorsa dallo stesso durante la prova.

Per l'IRI il veicolo di riferimento è un veicolo teorico (vedi fig. 3.7) ed è costituito da una ruota singola che attraverso una sospensione di caratteristiche fissate sopporta una determinata massa; un modello matematico elabora poi i dati del profilo longitudinale misurato, simulando il passaggio di tale veicolo sul profilo misurato e consentendo di calcolare gli spostamenti delle sospensioni e quindi l'indice IRI. Siccome quest'ultimo parametro varia con la velocità simulata del veicolo teorico è stato necessario definire un valore di riferimento (80 Km/h).

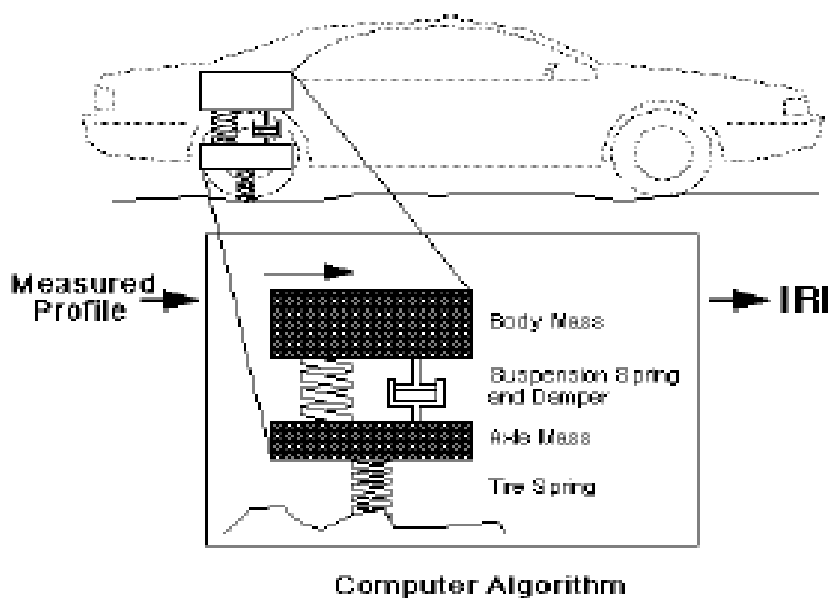


Fig. 3.7.: veicolo teorico.

METODI DI RILIEVO DELLA REGOLARITÀ TRASVERSALE

- Stadia semplice

Il metodo più semplice per il rilievo della regolarità trasversale è anche in questo caso la misura della deviazione sotto una stadia. L'applicazione di questo metodo è però limitata alla sola misura approssimativa della profondità massima dell'ormaia e senza accorgimenti o mezzi ausiliari particolari non è possibile rilevare e registrare l'intero profilo trasversale. Per avere la certezza di rilevare effettivamente la profondità massima dell'ormaia occorre utilizzare una stadia di lunghezza sufficiente (3 o 4 m).

Tra le varie normative [p.e. SN 640520 e ASTM E1703] esistono differenze non solo per quanto riguarda la prassi per misurare la profondità media delle ormaie, ma anche la lunghezza della stadia da adottare; tale lunghezza va infatti da 1,2 m a 4 m. La stadia di 4 piedi (1,2 m) utilizzata nel caso delle prove AASHTO rimane sovente all'interno della zona deformata e conduce a sottovalutare i valori reali.

- Rilievo statico del profilo trasversale

Nel corso degli anni sono stati sviluppati diversi apparecchi per il rilievo o la registrazione del profilo trasversale. La maggioranza degli apparecchi sono composti da una trave come base di riferimento e da un elemento scorrevole con un dispositivo per tastare e registrare il profilo. Gli apparecchi più recenti misurano le distanze dalla trave di riferimento senza contatto con sensori a ultrasuoni o laser. La registrazione del profilo avviene in forma elettronica, favorendo diverse forme di elaborazione successiva dei dati. Gli apparecchi devono essere completati da un sistema di misura delle pendenze per poter analizzare le profondità teoriche d'acqua.

¹ La wheel path è il percorso di una ruota.

- *Apparecchi di misura dinamica (mezzi ad alto rendimento)*

Anche il rilievo dinamico, in movimento, di profili trasversali è caratterizzato da una lunga serie di diversi lavori di sviluppo di apparecchiature speciali. Negli apparecchi moderni le ormaie sono determinate tramite elaborazione di immagini sulle quali il profilo è rappresentato da una linea d'ombra, una linea di luce o tramite la misura senza contatto (con sensori a ultrasuoni o laser) delle distanze da una trave di riferimento. Diversi apparecchi permettono il rilievo di giorno nel flusso normale del traffico a velocità di misura fino ad oltre 80 km/h (per esempio l'ARAN visto in precedenza, figura 3.5).

METODI DI RILIEVO DELL'ADERENZA

- *Metodi statici*

Le misure di tipo statico servono a determinare localmente certi fattori di influenza dell'aderenza. Una valutazione della microtessitura della pavimentazione può essere ottenuta tramite prova manuale con il pendolo inglese (fig.3.8). Un metodo per rilevare la macrotessitura è la determinazione della profondità media del profilo con il procedimento della "altezza in sabbia" (fig.3.9): per eseguire la prova occorre versare della sabbia (in un quantitativo e con un fuso granulometrico ben definiti) sulla pavimentazione e poi spargerla a forma di cerchio fino a fare apparire solo gli spigoli degli inerti più alti (in pratica si riempie la macrotessitura della pavimentazione). La profondità media della tessitura è calcolata sulla base del diametro del cerchio. Lo stesso risultato può anche essere ottenuto rilevando la superficie con un laser. La durata delle prove è di alcuni minuti e per ragioni di sicurezza occorre uno sbarramento temporaneo della corsia.

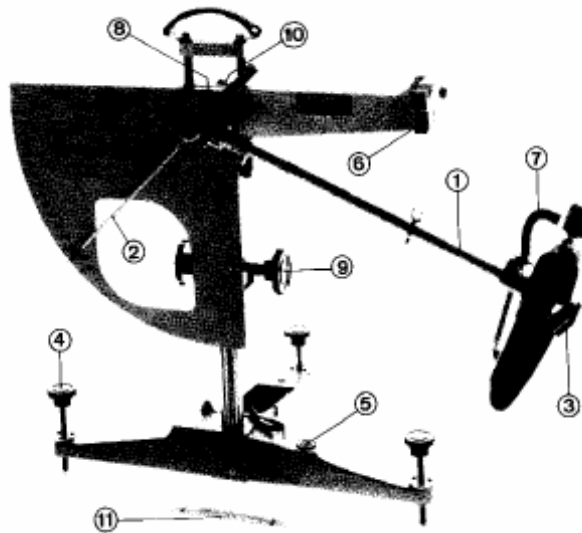


Fig. 3.8.: Pendolo inglese.

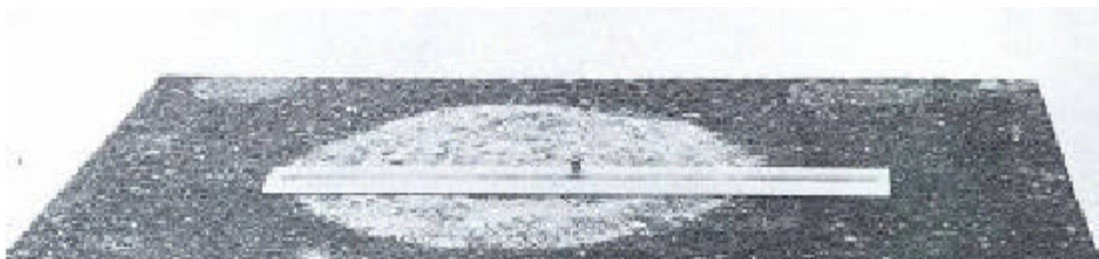


Fig. 3.9.: Misura dell'altezza in sabbia.

- *Metodi dinamici*

La misura diretta dell'aderenza, o meglio di un coefficiente di attrito, viene eseguita con apparecchi appositi costruiti sotto forma di ruote di misura supplementari montate su veicoli o eventualmente in forma di rimorchi speciali. Lo "skiddometer", rimorchio di fabbricazione svedese descritto nelle norme svizzere [SN 640 510b e 640 511b], è un tipico esempio di apparecchio concepito come rimorchio. Per assicurare la ripetizione delle misure nelle medesime condizioni si utilizza un pneumatico speciale per misure di aderenza (pneumatico AIPCR) con un profilo caratterizzato da solchi longitudinali, e l'esecuzione della misura avviene su fondo bagnato proiettando sulla pavimentazione una quantità d'acqua determinata, immediatamente davanti alla ruota di misura. Nel caso di apparecchi di misura senza mezzi propri per bagnare la strada può essere utilizzato un veicolo-cisterna che precede immediatamente il mezzo di misura; le condizioni di irrigazione superficiale non saranno però sempre omogenee. Il coefficiente di attrito è determinato normalmente tramite la misura delle forze sulla ruota bloccata, condizione mantenuta per una certa distanza. Certi apparecchi, per esempio anche il già citato Skiddometer, permettono anche una misura a carattere continuo utilizzando la ruota frenata ma non bloccata (simile alle condizioni dei sistemi ABS).

Accanto agli apparecchi con i pneumatici di misura in posizione parallela alla direzione di marcia ha trovato larga diffusione un apparecchio (SCRIM o SUMMS, vedi figura 3.10) sul quale il pneumatico di misura ruota in posizione obliqua rispetto alla direzione di marcia.



Fig. 3.10.: Apparecchio SCRIM (Sideway Coefficient Road Investigating Machine) per la misura dell'aderenza; a sinistra vista generale del veicolo con serbatoio d'acqua, a destra dettaglio del dispositivo di misura.

Anche questo apparecchio permette una misura continua del coefficiente di attrito (CAT = Coefficiente di Aderenza Trasversale) tramite la valutazione della forza trasversale azionata sulla ruota.

Le tecniche disponibili al giorno d'oggi permettono anche un rilievo praticamente continuo della macrotestitura. I laser utilizzati a tal fine hanno una risoluzione sufficiente per metter in evidenza la macrotestitura ma non riescono ancora a distinguere la microtestitura.

METODI DI RILIEVO DELLA CAPACITÀ PORTANTE

L'apparecchio più utilizzato per le misure di deflessione utilizza il principio della leva su una trave denominata "trave di Benkelman" (vedi figura 3.11) secondo il suo inventore Alvin C. Benkelman (1887-1987). L'apparecchio viene posato sulla superficie della pavimentazione in modo che la punta del braccio lungo della trave si trovi esattamente fra le ruote gemellate di un autocarro. Quando l'autocarro, finora fermo, comincia a muoversi allontanandosi viene registrato il "sollevamento" della superficie al momento dello scarico. La trave Benkelman è un apparecchio molto semplice per eseguire misure di deflessione di carattere locale ovunque. La misura necessita però di un veicolo di carico (con peso noto sull'assale posteriore) ed è relativamente lenta (circa 2 minuti per punto di misura) oltre a costituire un disturbo al traffico.



Figura 3.11: Misura di deflessione con trave Benkelman.

Molto diffuso (ca. 100 apparecchi in tutto il mondo) è anche il Deflectographe Lacroix (figura 3.12) sviluppato in Francia e chiamato tale secondo il nome del suo costruttore partendo dal concetto di costruire una trave di Benkelman "viaggiante". L'apparecchio comprende un dispositivo di misura mobile, montato sotto lo chassis di un autocarro, che permette la misura della deflessione, sotto l'assale posteriore, ogni 4 metri nelle due tracce delle ruote e tutto ciò in movimento ad una velocità di progressione da 3 a 4 km/h. Al contrario del principio di misura della trave di Benkelman l'apparecchio Lacroix registra le deformazione verticale nella fase di carico.



Figura 3.12: Deflectographe Lacroix, a sinistra con dispositivo di misura alzato, a destra con dispositivo di misura abbassato.

Il metodo attualmente più "moderno" è rappresentato dai deflettometri "a massa cadente" che lasciano cadere una massa da una certa altezza per ottenere sulla pavimentazione una sollecitazione analoga a quella del traffico. Questo principio è stato adottato per diversi tipi di apparecchi FWD (Falling Weight Deflectometer) (vedi figura 3.13). Per registrare le deformazioni verticali in seguito all'impatto della massa vengono utilizzati dei geofoni posizionati su di una linea a diverse distanze dal centro di carico; ciò permette la registrazione della linea di deformazione completa (figura 3.14). L'elaborazione dei risultati permette, conoscendo il tipo e lo spessore dei singoli strati, di determinarne il modulo in un processo di calcolo iterativo e di indicare lo strato più critico [AASHTO 93]. Per l'esecuzione della misura è necessario l'arresto al punto di misura per la durata di circa 1 minuto.



Figura 3.13: Deflettometro FWD Dynatest 8000 per la misura dinamica delle deflessioni (geofoni)

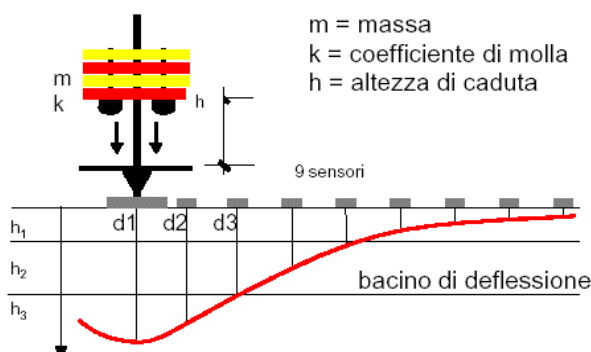


Figura 3.14: Rappresentazione schematica dell'apparecchio FWD

Al contrario del caso degli altri parametri, per i quali uno degli interessi della misurazione sta nel seguire l'evoluzione della condizione della pavimentazione, per le deflessioni gli scopi principali sono la verifica dell'omogeneità di un tronco, eventualmente la sua suddivisione in diverse zone omogenee e la valutazione strutturale dal punto di vista del traffico attuale e futuro. La valutazione strutturale può anche condurre alla definizione dello spessore di rinforzo necessario, qualora si dovesse constatare che la portanza della sovrastruttura non sia adeguata.

Accanto alla strumentazione che misura le deflessioni è necessario disporre di informazioni che riguardano la stratigrafia e quindi lo spessore degli strati. Per acquisire questo tipo di dati si può procedere secondo due sistemi: "sistema distruttivo" e "sistema non distruttivo". Il primo consiste nel carotaggio continuo meccanico che prevede l'asportazione di una parte di sovrastruttura con attrezzatura idonea allo scopo e con la possibilità di eseguire prove di laboratorio per accertare caratteristiche chimiche, fisiche e

meccaniche delle carote prelevate. Per quanto riguarda le prove non distruttive il georadar (GPR: Ground Penetrating Radar) (figura 3.15) è tra i metodi più recenti per il rilevamento di spessori degli strati della pavimentazione; attraverso la generazione di un impulso sinusoidale trasmesso verso il suolo e che penetra nella pavimentazione, lo strumento è in grado di rilevare la porzione di impulso che viene riflessa quando attraversa i diversi strati, se ovviamente questi ultimi hanno costanti dielettriche differenti. Attraverso apposito software è poi possibile risalire alle distanze tra le interfacce. Fondamentale per questo tipo di prove è la calibrazione del modello di calcolo degli spessori attraverso l'identificazione dei materiali impiegati che viene eseguita attraverso carotaggi di controllo.



Fig. 3.15: A.R.G.O. (GeoRadar ad alto rendimento). Esistono anche versioni per misure di tipo puntuali.

METODI DI RILIEVO DEL DEGRADO SUPERFICIALE

Un rilievo attendibile e accurato dei danni superficiali può essere eseguito in vari modi. Percorrere a piedi il tronco di strada da rilevare rappresenta il metodo più semplice, ma anche il più laborioso e talvolta anche pericoloso benché permetta il miglior livello di riconoscimento dettagliato dei danni. Certe forme di danno non sono però sempre riconoscibili nel miglior modo a dipendenza delle condizioni d'illuminazione (posizione del sole, formazione d'ombra) e di umidità della pavimentazione. I danni osservati durante il percorso a piedi sono generalmente riportati su appositi formulari sulla base della schematizzazione prevista da un adeguato catalogo dei dissesti. Nei casi in cui è necessaria una registrazione più dettagliata (per esempio per un programma di osservazione a medio termine di un determinato tronco di strada) si possono anche usare degli schizzi che precisano la posizione delle zone degradate. L'impiego di formulari cartacei è stato sostituito parzialmente nel corso degli ultimi anni dall'impiego di apparecchi elettronici semplici o più complessi (laptop) per introdurre le osservazioni in forma sistematica su una tastiera. L'archiviazione dei dati in tal modo non facilita necessariamente il lavoro sul terreno ma la valutazione successiva delle osservazioni in ufficio e il trasferimento dei dati su altri sistemi (banca dati della rete stradale).

Nell'ambito di un'ulteriore "meccanizzazione" del rilievo del degrado superficiale si può passare al rilievo del degrado da un veicolo in marcia. Questo procedimento s'impone nei casi in cui la rete da rilevare assume un'ampiezza considerevole e in cui senza ridurre l'affidabilità del risultato si può ridurre il grado di dettaglio del rilievo. Con delle velocità di percorrenza fino ai 50 km/h si devono però abbandonare i tradizionali formulari per ragioni pratiche sostituendoli con la registrazione codificata delle osservazioni e valutazioni tramite una tastiera specificamente adattata a tale scopo, eventualmente dello stesso tipo di quelle utilizzate anche per i rilievi a piedi.

La prossima "tappa di sviluppo" sostituisce le annotazioni manuali sul terreno con la registrazione d'immagini prese dal veicolo con una cinepresa o videoregistrazione. I due diversi tipi d'immagine registrati possono poi essere visionati ed elaborati in ufficio (relativamente laborioso) oppure utilizzando uno dei processi di analisi automatica delle immagini attualmente ancora in fase di messa a punto.

Nel corso dell'osservazione (del rilievo) e della valutazione dello stato di una pavimentazione non si devono considerare unicamente i tipi di danno presenti, bensì anche altre condizioni come per esempio il tipo di pavimentazione (flessibile, rigida o semi-rigida) e la posizione della pavimentazione sul terreno. Secondo la posizione – a livello, su rilevato, in trincea, trasversalmente su pendio – possono intervenire diversi fattori che influenzeranno il comportamento futuro come per esempio il grado di compattazione di un rilevato, gli assestamenti del sottofondo, le variazioni del livello della falda freatica, presenza d'acqua sui pendii e il rischio di possibili problemi di gelo e di disgelo. Ogni cambiamento della posizione della pavimentazione è associato ad una discontinuità nelle condizioni del sottofondo e rappresenta perciò una zona critica perché il dimensionamento della pavimentazione non segue sempre convenientemente le variazioni di capacità portante del sottofondo. Per le medesime ragioni sono da seguire con attenzione anche le zone di raccordo della pavimentazione con i vari manufatti sul tracciato della strada.

Se il rilievo dei danni superficiali rappresenta, come si è appena descritto, un compito difficile a causa degli aspetti soggettivi, la stessa cosa vale per la loro valutazione. Nel paragrafo 3.3.3 relativo agli indicatori sintetici verrà ripreso il criterio adottato dalla normativa Svizzera [SN 640925] per identificare l'indicatore I1 relativo agli ammaloramenti superficiali della sovrastruttura.

3.3.3. INDICI SINTETICI

I diversi difetti che possono apparire sulla superficie di un pavimentazione stradale finora sono stati trattati separatamente e per ognuno di essi sono stati indicati i criteri ed i metodi di valutazione. Il raggruppamento dell'insieme di tutte queste valutazioni individuali in una forma idonea per una supervisione generale può però essere interessante per certe ragioni pratiche. I vantaggi di una tale soluzione con un "indice globale dello stato della pavimentazione" sarebbero numerosi, per esempio:

- miglior visione d'assieme,
- riduzione della quantità di dati,
- miglior riconoscibilità di tendenze di sviluppo dello stato della pavimentazione,
- lista provvisoria di priorità,
- ecc.

Di seguito si andranno a descrivere brevemente gli indici sintetici più diffusi.

PRESENT SERVICEABILITY INDEX (PSI)

L'esempio più conosciuto di indice globale (e forse il primo di tutta una serie che è poi arrivata in seguito) è l'indice di servizio PSI (Present Serviceability Index) introdotto nell'ambito delle prove AASHTO con una scala di valutazione dal 5 (condizione eccellente) allo 0 (condizione pessima). Il calcolo del PSI considera la regolarità longitudinale, le ormaie (solo per le strade con rivestimento bituminoso) e l'insieme di fessure e rappezzi. Il PSI è un eccellente indicatore globale dello stato della pavimentazione e della sua evoluzione nel corso del tempo malgrado una certa sottovalutazione dell'importanza delle ormaie. Esso è tuttora utilizzato in diversi Stati degli Stati Uniti e anche in altri Paesi.

Per tenere conto di inevitabili imperfezioni, all'inizio della vita utile della pavimentazione il PSI viene generalmente posto pari a 4.2 e comunque non supera mai il valore di 4.5. Di contro, al termine della vita utile il valore del PSI da assumere dipende dal tipo di strada che si sta analizzando [AASHTO 93]. In genere per strade di modesta importanza si considera un PSI finale pari a 2, mentre per strade importanti si assume un valore di 2.5 e comunque non si accetta mai che il PSI scenda al di sotto di 2.

Per pavimentazioni flessibili vale la seguente formulazione:

$$PSI = 5,03 - 1,91 \cdot \text{Log} (1 + SV) - 1,38 \cdot RD^2 - 0,01 \cdot \sqrt{(C + P)}$$

dove

- SV: varianza media della pendenza (indicatore di regolarità longitudinale)
- RD: profondità media delle ormaie
- C: fessurazione (m²/1000m²)
- P: rappezzi, buche (m²/1000m²)

INDICE SINTETICO I₁ RELATIVO ALLE DEGRADAZIONI SUPERFICIALI

Definito dalla normativa Svizzera [SN 640925], I₁ è l'indice di stato sintetico adottato per classificare lo stato superficiale della pavimentazione.

L'indicatore I₁ può assumere valori compresi tra 0 (assenza di ammaloramenti) e 5 (stato pessimo) e viene computato a partire dal rilievo dei degradi presi in considerazione dalla medesima normativa e raggruppati nelle seguenti categorie:

- scivolosità della superficie (levigazione degli inerti e rifluimento di legante);
- degradi del rivestimento (sgranamento, distacchi superficiali, buche, fessure trasversali, fessure a blocchi, fessure di giunto);
- deformazioni del rivestimento (avvallamenti, corrugamenti, ormaie);
- degradi strutturali (fessurazioni longitudinali, a pelle di cocodrillo, sollevamenti dovuti al gelo);
- degradi delle riparazioni.

L'indicatore I₁ viene calcolato, per ciascuna sezione elementare, sulla base delle seguenti espressioni:

$$I_1 = \left(\frac{\sum (G_i \cdot M_i)}{10} \right) \xrightarrow{\text{se}} \sum (G_i \cdot M_i) \leq 50$$

$$I_1 = 5 \xrightarrow{\text{se}} \sum (G_i \cdot M_i) > 50$$

dove M_i rappresenta il peso ponderale che viene attribuito a ciascuna categoria di ammaloramento (tabella 3.16); G_i è valutato in base alla gravità ed alla estensione del singolo tipo di ammaloramento (tabella 3.17).

Tab. 3.16: Valori di M_i da assegnare a ciascuna categoria di degrado superficiale [SN 640925].

Categoria di Degrado	Peso Ponderale
Scivolosità della superficie	2
Degradi del rivestimento	2
Deformazioni del rivestimento	2
Degradi strutturali	3
Degradi delle riparazioni	1

Tab. 3.17: Valori di Gi in funzione della classe di severità e di estensione [SN 640925].

Severità	Estensione			
	0	1	2	3
1	0	1	2	3
2	0	2	4	6
3	0	3	6	9

Classe di severità	Severità del degrado superficiale
1	Degrado lieve
2	Degrado medio
3	Degrado severo

Classe di estensione	Estensione	Percentuale dell'area totale interessata dal degrado
0	Nessun degrado	0
1	Degrado molto localizzato	<10%
2	Degrado da localizzato ad esteso	dal 10% al 50 %
3	Degrado molto esteso	> 50%

Gli indicatori sintetici che verranno descritti in seguito sono stati riportati in questo documento per sottolineare il fatto che ogni Amministrazione o Società competente di un patrimonio stradale può definire un proprio indice per sintetizzare le condizioni della pavimentazione oppure della strada nel suo complesso, indice che sia tipico delle informazioni disponibili e delle caratteristiche della rete di competenza.

LIVELLO DI QUALITÀ GLOBALE

Lo stato generale della strada o livello di Qualità Globale, viene determinato da una serie di indicatori definibili e misurabili attraverso parametri specifici.

I parametri misurano diverse caratteristiche prese in considerazione; i livelli di ciascuna caratteristica e l'estensione percentuale sul tratto considerato permettono di calcolare l'indicatore di performance della caratteristica considerata.

La sommatoria dei diversi indicatori, con diversi pesi e diversa combinazione per categorie di strade diverse, misura lo stato della strada ed il suo livello di Qualità Globale in relazione alla categoria di appartenenza.

Categorie di strade diverse possono prendere in considerazione un numero complessivo di indicatori diverso, numero che dovrebbe decrescere nelle tipologie di strade con minore traffico o di ridotta importanza.

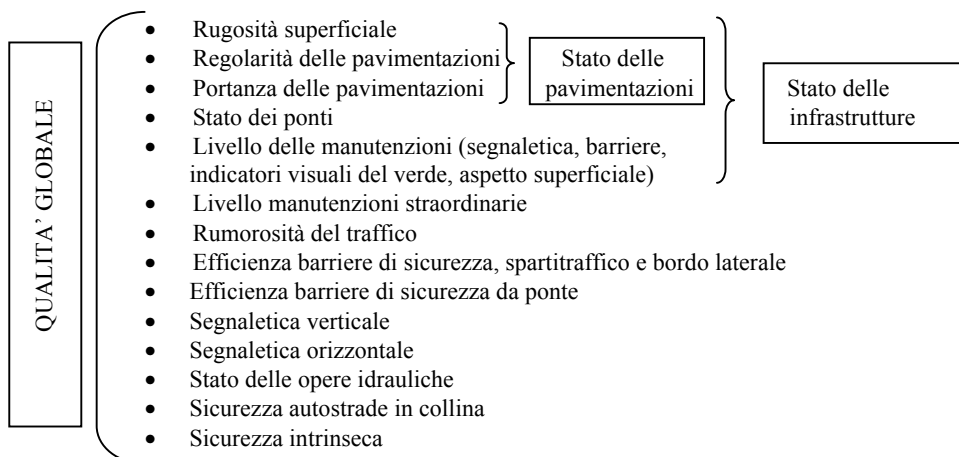
L'indice dello stato globale della strada Q può essere calcolato come media pesata (p_i) di vari indicatori. Il diverso grado di importanza da attribuire ai vari indicatori è connesso ai coefficienti correttori p_i . La formulazione tipo è la seguente:

$$Q = \frac{\sum_i p_i \cdot I_i}{\sum_i p_i} \quad \text{dove:}$$

I_i : rappresenta i diversi indicatori di performance che verranno presi in considerazione per un tipo di strada.

Ogni strada può avere un Q che va da 0 a 100 nella propria categoria e che può essere valutato solo in base agli indicatori previsti per la stessa categoria.

Ad esempio nelle strade meno importanti può essere sufficiente soddisfare almeno gli indicatori di sicurezza, mentre per categorie superiori (autostrade) gli indicatori che vanno a formare Q saranno in numero superiore dato che devono possedere il massimo delle caratteristiche funzionali (sicurezza, tempo di percorrenza, comfort, servizi, ambiente, ecc.). Di seguito si sviluppa un elenco dei possibili indicatori di performance che si possono applicare, ma la lista è solo un esempio.



Ovviamente ognuno degli indicatori presentati necessita una trattazione specifica con dettagli completi del modo di misurarli, delle macchine da usare e dei criteri per gestirli, compito che va al di là degli obiettivi di questo studio, anche se in parte abbiamo descritto alcuni degli indicatori appena presentati (es. portanza, regolarità, aderenza, ecc.).

4. Curve di degrado

4.1. Generalità

Nei capitoli precedenti sono state descritte alcune delle operazioni necessarie per una corretta gestione del patrimonio infrastrutturale. Si è passati dall'istituzione di una adeguata banca dati, al monitoraggio delle caratteristiche della pavimentazione attraverso il rilievo degli indicatori di stato. Tutto questo è di scarsa utilità se non si dispone di strumenti atti a prevedere l'evoluzione futura dello stato della sovrastruttura. L'obiettivo è quello di individuare il momento in cui attivare un determinato intervento manutentivo all'interno della vita utile della pavimentazione in modo da ottimizzare i costi e limitando i disagi agli utenti. L'osservazione nel tempo dei diversi parametri che descrivono le caratteristiche funzionali e strutturali della strada, associato alla definizione di opportuni livelli di soglia, permette quindi di tenere sotto controllo lo stato di degrado della pavimentazione.

La figura 4.1 rappresenta in modo chiaro la tempistica con cui una amministrazione può intervenire a ripristinare le caratteristiche prestazionali di una pavimentazione.

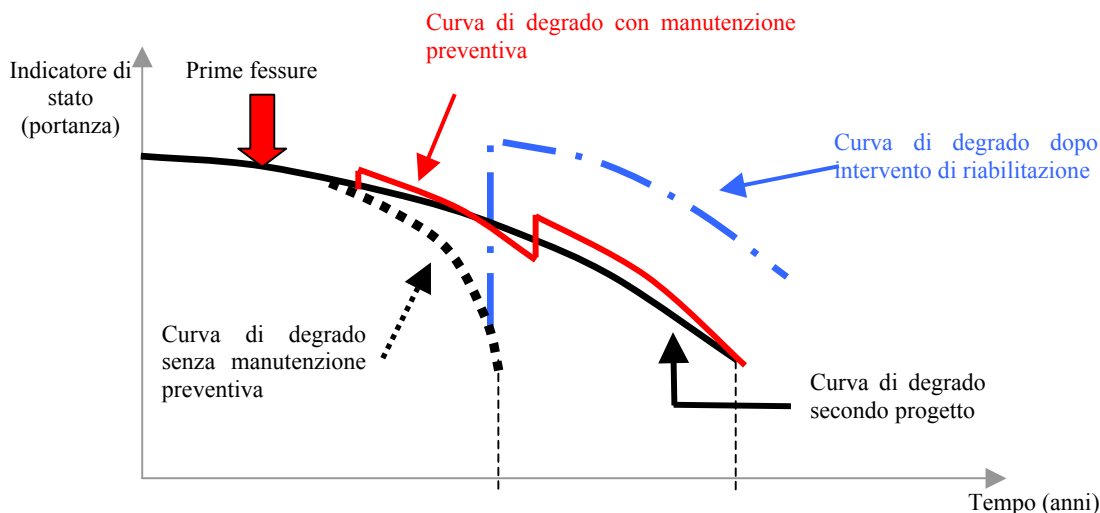


Figura 4.1: Esempi di possibili curve di decadimento.

Una pavimentazione viene progettata in modo tale da essere confortevole, da sopportare i carichi con deformazioni trascurabili, da impermeabilizzare il sottofondo e smaltire l'acqua garantendo adeguate condizioni di sicurezza. Soprattutto la pavimentazione deve durare a lungo (p.e. 20 anni). Il rispetto della vita utile di progetto è garantito soltanto se la pavimentazione è accompagnata nel tempo da una adeguata *manutenzione preventiva* (in rosso in fig.4.1) che agisca preventivamente sulle cause del degrado (per esempio sigillando le fessure per evitare che l'acqua penetri nella sovrastruttura). Senza questo tipo di manutenzione la pavimentazione è destinata a degradare in modo repentino, riducendo drasticamente la propria vita utile, con conseguente incremento dei costi a lungo termine.

La pratica corrente, purtroppo, è di intervenire a danno già avvenuto, quando la pavimentazione ha già subito una riduzione notevole delle prestazioni, situazione che oltre a diminuire la vita utile di progetto, comporta maggiori costi in interventi radicali (in blu in fig.4.1) e soprattutto maggiori rischi per chi percorre la strada (diminuisce la sicurezza).

Al fine di eseguire una previsione dello stato funzionale futuro di una sezione di pavimentazione stradale, e quindi una corretta programmazione della manutenzione, è fondamentale l'impiego di modelli di degrado attendibili propri della rete di competenza. In questo senso si fa notare che le curve di degrado si differenziano se utilizzate a livello di rete o di progetto. Le prime sono spesso basate su misure effettuate su sezioni campione rappresentative dell'intera rete che forniscono un'indicazione sull'evoluzione media del degrado. A livello di progetto le curve di decadimento sono invece più dettagliate e vengono utilizzate per progettare specifici interventi manutentivi relativi a singole sezioni stradali della rete.

4.2. Modelli di degrado

Nel prosieguo si illustreranno, a titolo esemplificativo e non esaustivo, alcuni dei modelli di degrado, sviluppati in campo nazionale e internazionale, per alcuni degli indicatori introdotti nel precedente capitolo descrivendo in maniera sintetica il processo impiegato per la loro determinazione.

4.2.1. MODELLO DI DEGRADO DELLA REGOLARITÀ LONGITUDINALE (IRI)

Il parametro maggiormente utilizzato a livello mondiale per rappresentare la regolarità longitudinale è, come già detto nel capitolo 3, l'International Roughness Index (IRI). Di seguito verranno quindi descritti brevemente alcuni modelli di degrado dell'IRI.

MODELLO DELL'IRI ELABORATO DALLA PROVINCIA DI MILANO

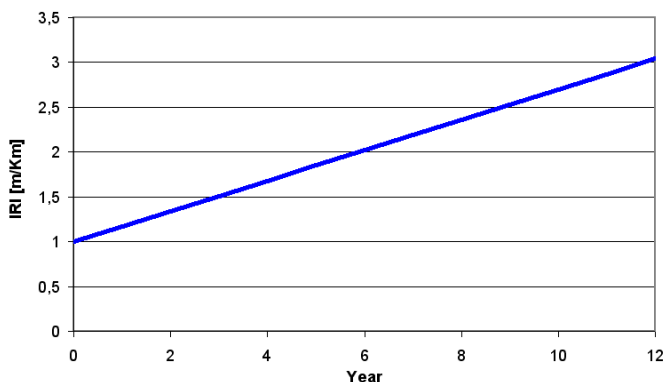
Vale la pena citare l'esperienza della Provincia di Milano che ha attivato, per la propria rete di strade ex Statali, un PMS (Pavement Management System) che per essere implementato correttamente deve prevedere delle opportune curve di degrado per i diversi indici di stato.

Data la carenza di informazioni necessarie all'utilizzo di altri modelli (p.e. modello di degrado dell'IRI della Banca Mondiale [HDM 4-95]) si è preferito costruire una curva specifica della rete provinciale sulla base delle campagne di misura svolte nel 2002 e nel 2003.

Noto il valore che l'IRI assume, per un campione di rete monitorato, nei 2 anni di rilievi è stato possibile risalire al degrado medio annuo che la rete subisce attraverso un'adeguata elaborazione dei dati.

Di seguito (figura 4.2) si mostra il degrado medio dell'IRI, grafico e formula, per la rete della Provincia di Milano.

Fig.4.2: Curva di degrado dell'IRI elaborata dalla Provincia di Milano.



$$IRI_{\text{annoi}} = \min [4; IRI_{\text{annoi} - 1} + 0,17]$$

degrado annuo

Occorre sottolineare che, a differenza per esempio del modello formulato dalla Banca Mondiale, quello studiato dalla Provincia di Milano è specifico della rete di competenza e quindi difficilmente trasferibile ad altre esperienze a meno di opportune calibrazioni. Si è voluto citare tuttavia questa esperienza per mettere in risalto la possibilità di creare delle proprie curve di degrado basate sul solo monitoraggio degli indicatori di stato.

ALTRI MODELLI DI DEGRADO DELL'IRI

In campo internazionale altre esperienze hanno cercato di interpretare il degrado della regolarità longitudinale, esperienze che vengono riassunte nella tabella seguente:

1	IRI(pollici/miglia)	43+1,8*AGE+0,0004*AADT
2	IRI(pollici/miglia)	15+9,0*AGE+0,0014*AADT
3	IRI(pollici/miglia)	64+4,0*AGE+0,0008*AADT
4	IRI(pollici/miglia)	74+2,3*AGE+0,000005*AADT
5	IRI(pollici/miglia)	65+4*AGE+0,00097*AADT
6	IRI(pollici/miglia)	53+3,6*AGE+0,00095*AADT
7	IRI (m/km)	0,7849 * e ^ 0,0587 * (AGE)

dove:

- AGE: età della pavimentazione
- AADT: traffico giornaliero medio totale su entrambe le direzioni

- I modelli di regressioni 1, 2, 3, 4, 5 e 6 sono stati elaborati dallo Stato dell'Indiana (Stati Uniti) per rappresentare pavimentazioni flessibili di strade Interstatali e non.
- Il modello 7 deriva da studi fatti dall'università dell'Arizona.

4.2.3. MODELLO DI DEGRADO DELL'ADERENZA (CAT)

In letteratura non sono molti i riferimenti sulle curve di degrado dell'aderenza e nel caso particolare del Coefficiente di Aderenza Trasversale (CAT). Di seguito è stato analizzato il modello che è stato sviluppato dalla società Autostrade [Camomilla 1992].

MODELLO DEL CAT SVILUPPATO DALLA SOCIETÀ AUTOSTRAD

L'Autostrade S.p.A. ha sviluppato nel tempo diversi modelli per prevedere il degrado dell'aderenza della pavimentazione. Il primo modello proposto (vedi [Camomilla 1992]), che è anche il modello che sembra avere una maggiore generalità di utilizzo ed una maggiore affidabilità per analisi su archi temporali ampi, fornisce un'unica relazione indifferenziata per tutti i tipi di superficie. Il modello proposto è il seguente e restituisce il valore di CAT alla velocità di 60 Km/h così come verrebbe misurato da apparecchiatura ad alto rendimento (SUMMS):

$$CAT60_i = 115.30 - 11,21 \text{ LOG}(Vp_i)$$

dove:

- CAT60_i : è il valore del CAT misurato alla velocità di 60km/h nell'anno i-esimo,
- Vp_i : è il numero di passaggi di veicoli pesanti dalla realizzazione dello strato superficiale fino all'anno i-esimo (n.b. la relazione è valida per VP>100000).

Di seguito (figura 4.3) si rappresenta graficamente l'andamento del modello appena descritto.

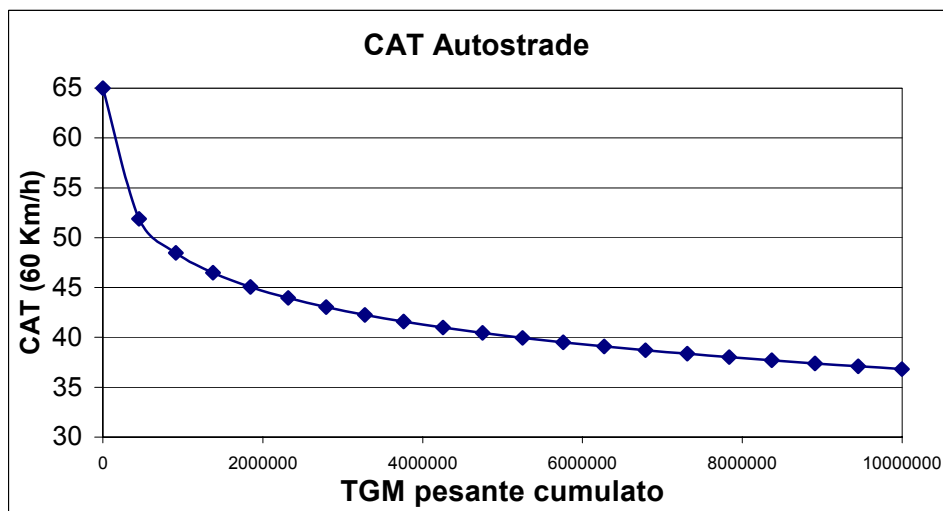


Fig.4.3: Curva di degrado del CAT sviluppato da Società Autostrade.

Si evidenzia la necessità di aggiornare periodicamente i modelli che sono stati ipotizzati attraverso un continuo monitoraggio degli indici di stato della rete; sempre per evitare errori grossolani delle curve di degrado è consigliabile considerare un periodo di analisi non troppo lungo e soprattutto un periodo che sia coerente con il livello di precisione dei modelli di degrado disponibili e con l'attendibilità dei dati che rientrano nell'analisi (come per esempio il traffico).

5. CATALOGO DEGLI INTERVENTI

5.1. Premessa

La determinazione della soluzione più idonea, in presenza di una certa situazione di degrado, richiede esperienza ed un procedimento preciso. Ovviamente la determinazione degli interventi lascia sempre una certa libertà di scelta, influenzata dall'urgenza dell'intervento, dai mezzi disponibili, dalla durata dell'intervento ed infine da disposizioni di carattere politico che indirizzano gli obiettivi principali della manutenzione della rete viaria di competenza. Queste strategie si riconducono essenzialmente alla scelta tra *interventi preventivi*, applicando in genere trattamenti prima che si evidenzino danni importanti, e *interventi curativi*, che mirano a risanare situazioni che presentano già un danno evidente.

Nel contesto dell'analisi del danno e della scelta delle soluzioni di intervento si dovranno anche valutare la presenza ed il funzionamento dei sistemi di drenaggio della pavimentazione. I difetti legati al drenaggio possono costituire infatti la causa principale del danno e devono essere eliminati nell'ambito dell'esecuzione dell'intervento.

5.2. Tecniche di intervento

Le tecniche di intervento, elencate in questo paragrafo e valide per pavimentazioni flessibili, vengono adottate per rimediare alle diverse deficienze, più o meno gravi, riscontrabili nella sovrastruttura stradale.

Nell'ambito dei sistemi di gestione della manutenzione, gli interventi che possono essere messi in atto si distinguono due macro-categorie: "*interventi di manutenzione*" e "*interventi di riabilitazione*". La prima categoria raggruppa tutti quei trattamenti che trovano applicazione in presenza di un modesto o trascurabile degrado strutturale dei diversi strati componenti la sovrastruttura; gli interventi di riabilitazione trovano invece applicazione in situazioni in cui generalmente il degrado dipende da cause di tipo strutturale.

Gli interventi manutentivi che vengono qui presi in considerazione, a titolo esemplificativo, per redigere un adeguato catalogo degli interventi sono:

- Riparazioni buche
- Rappezzi
- Rigenerazione dell'aderenza senza apporto di materiale
- Sigillatura delle fessure
- Trattamenti superficiali
- Microtappeti a freddo
- Rifacimento dello strato superficiale.

Gli interventi di riabilitazione trovano invece applicazione quando il degrado della sovrastruttura è tale da non risultare più conveniente l'adozione di tecniche manutentive di tipo "superficiale". Infatti questo tipo di interventi viene selezionato nel momento in cui è necessario un ripristino delle caratteristiche strutturali, per esempio adeguando lo spessore della pavimentazione per far fronte ad aumenti del volume di traffico. In questa sede sono state considerate le seguenti soluzioni:

- Rafforzamento
- Rifacimento strato in conglomerato bituminoso con sistema antiriscalda fessure
- Ricostruzione parziale
- Risanamento.

6. PIANIFICAZIONE DELLA MANUTENZIONE

6.1. Premessa

Un'Amministrazione può effettuare la scelta del “come”, “dove” e “quando” intervenire sulla pavimentazione stradale in modi diversi in relazione al tipo, alla qualità e quantità dei dati e alle informazioni disponibili.

Qualora siano acquisiti dati inerenti lo stato della pavimentazione (portanza, aderenza, regolarità, etc.) in modo sistematico e per più anni, è possibile tracciare le curve di degrado dei parametri di stato rappresentative dell'evoluzione temporale di tali indici per effetto del traffico e del clima. Se sono note le curve di degrado è possibile costruire un sistema di gestione della manutenzione con la possibilità di effettuare una programmazione pluriennale degli interventi manutentivi necessari in relazione agli scenari di budget ed ai livelli di qualità delle pavimentazioni ipotizzati. In questo contesto, definiti i benefici ed i costi di ciascuna strategia manutentiva, la scelta degli interventi può avvenire sulla base di criteri di “*ottimizzazione*” attraverso i quali si seleziona la strategia, tra quelle tecnicamente ammissibili, di massima redditività.

Verso questo tipo di gestione deve tendere un'Amministrazione, la quale, dunque, nel lungo periodo dovrà prevedere l'effettuazione di un appropriato monitoraggio della rete ed in particolare delle condizioni delle pavimentazioni.

In assenza di un monitoraggio siffatto, e dunque nell'impossibilità di stabilire un valore temporale di riferimento per l'effettuazione degli interventi, il sistema di gestione deve avere la funzione di proporre all'Amministrazione le “*priorità d'intervento*”, cioè una lista contenente tutti i tronchi stradali della rete nell'ordine secondo cui si dovrà intervenire.

In questo capitolo si vogliono quindi definire i criteri di scelta degli interventi e di pianificazione della manutenzione, eventualmente ammettendo gradi di complessità diversi. Infatti, compatibilmente con le risorse disponibili, con la normativa vigente e con la classificazione della strada, possono essere adottati metodi differenti non solo per complessità, ma anche per l'approccio differente al problema.

A titolo esemplificativo e non esaustivo nei paragrafi successivi vengono descritte le due modalità di approccio fondamentali per affrontare il problema della pianificazione della manutenzione delle pavimentazioni stradali in maniera più razionale:

- **Priorizzazione:** tramite rilievo visivo e semplici algoritmi è possibile determinare, per ogni tratta monitorata, un indicatore di stato sintetico che permette di definire la lista delle priorità di intervento.
- **Ottimizzazione:** l'obiettivo dell'analisi è selezionare, su un arco temporale di riferimento, la migliore strategia per ogni elemento della rete ottimizzando il budget disponibile.

Entrambe le tecniche sopra menzionate garantiscono una scelta più razionale degli interventi anche se con modalità e vantaggi differenti; è evidente infatti che l'adozione di un semplice criterio di priorizzazione contiene al suo interno una componente soggettiva più forte di quella di un sistema di gestione in grado di massimizzare il rapporto Benefici/Costi e che si basa su curve di degrado calibrate sulla rete di competenza e su un piano di monitoraggio continuo nel tempo.

Ancorché sia sempre preferibile operare tramite ottimizzazione, la mancanza di risorse (per il monitoraggio per esempio) può imporre l'utilizzo di criteri di priorizzazione.

6.2. Priorizzazione

La conoscenza precisa dello stato di degrado di una pavimentazione è particolarmente importante per:

- a. la determinazione delle cause specifiche del degrado,
- b. la scelta del tipo di intervento più idoneo,
- c. la determinazione delle **priorità** e dell'urgenza di intervento.

Ogni Amministrazione è chiamata quindi ad implementare dei propri criteri di pianificazione che non necessariamente comprendono tutte le variabili che la manutenzione delle sovrastrutture stradali richiederebbe (in genere la classificazione della strada riveste un ruolo di fondamentale importanza nella scelta dei criteri manutentivi da adottare). In questo senso, come già accennato nella premessa, il criterio della priorizzazione ben si adatta all'ambito urbano, e comunque per reti piccole, dove si devono affrontare oltre che vincoli di budget anche vincoli di natura tecnica in quanto difficilmente si riescono a mettere in atto monitoraggi ad alto rendimento.

Le figure 6.1 e 6.2 mostrano un esempio di lista delle priorità in funzione di un indicatore; nel caso specifico della figura 6.1 la lista delle priorità adotta come riferimento principale l'indicatore I_1 , specifico dei soli dissesti della pavimentazione.

In figura 6.2 la lista è stata compilata invece in funzione dell'indicatore I_{COMP} che non è più rappresentativo delle sole condizioni superficiali della pavimentazione, ma al suo interno comprende altri parametri opportunamente pesati (p.e. condizioni di traffico, classificazione della strada, % traffico pesante, segnaletica, ecc.).

Nome Via/Incrocio	Tratta stradale	Indice I_1	Giudizio
VIA VERDI	001	0.0	Pessimo
VIA VERDI	004	0.5	Pessimo
VIA VERDI	003	0.8	Pessimo
VIA ROSSI	001	1.9	Scarso
VIA VERDI	005	2.0	Scarso
VIA GIALLI	002	2.0	Scarso
VIA BIANCHI	002	2.0	Scarso
VIA VERDI	007	2.3	Sufficiente
VIA ROSSI	002	2.3	Sufficiente
VIA BIANCHI	003	2.8	Sufficiente
VIA VERDI	002	3.2	Buono
VIA VERDI	010	3.2	Buono
VIA VERDI	008	3.2	Buono
VIA VERDI	012	3.5	Buono

Nome Via/Incrocio	Tratta stradale	Indice I_1	Giudizio
VIA VERDI	009	3.7	Buono
VIA BIANCHI	001	3.8	Buono
VIA VERDI	011	4.1	Ottimo
VIA GIALLI	001	4.1	Ottimo
VIA VERDI	015	4.2	Ottimo
VIA VERDI	013	4.4	Ottimo
VIA VERDI	014	4.6	Ottimo
VIA VERDI	016	4.6	Ottimo
VIA GIALLI	003	4.8	Ottimo
VIA BIANCHI	004	4.8	Ottimo
VIA GRANATA	001	4.9	Ottimo

Fig.6.1: Lista delle priorità in funzione dell'indicatore sintetico dei dissesti I_1 (0 = pessimo; 5 = ottimo).

Nome Via/Incrocio	Tratta stradale	Indice COMP	Giudizio
VIA VERDI	001	1.2	Pessimo
VIA VERDI	004	1.5	Pessimo
VIA BIANCHI	002	1.5	Pessimo
VIA VERDI	003	1.6	Scarso
VIA BIANCHI	003	1.9	Scarso
VIA GRANATA	001	2.2	Scarso
VIA VERDI	007	2.4	Sufficiente
VIA BIANCHI	001	2.4	Sufficiente
VIA VERDI	005	2.4	Sufficiente
VIA VERDI	002	2.8	Sufficiente
VIA VERDI	010	2.8	Sufficiente
VIA VERDI	008	2.8	Sufficiente
VIA BIANCHI	004	2.9	Buono
VIA GIALLI	002	3	Buono
VIA VERDI	012	3	Buono
VIA VERDI	009	3.1	Buono
VIA VERDI	011	3.3	Buono
VIA VERDI	015	3.3	Buono
VIA ROSSI	001	3.4	Buono
VIA VERDI	013	3.4	Buono
VIA VERDI	014	3.5	Buono
VIA VERDI	016	3.5	Buono
VIA ROSSI	002	3.6	Buono
VIA GIALLI	001	4.0	Ottimo
VIA GIALLI	003	4.4	Ottimo

Fig.6.2: Lista delle priorità in funzione dell'indicatore sintetico composto I_{COMP} (0 = pessimo; 5 = ottimo).

Le due liste evidenziano come l'ordine di priorità si differenzia a seconda dell'indicatore che si decide di adottare come riferimento e quindi dei fattori, e dei relativi pesi, che l'Amministrazione implementa nel calcolo dell'indicatore globale. Si prenda come esempio la VIA GRANATA: secondo l'indicatore dei dissesti I_1 lo stato globale della strada è OTTIMO, mentre per l'indice composto I_{COMP} il giudizio complessivo è SCARSO (evidentemente le prestazioni garantite dalla strada non sono congruenti con il tipo di strada o con il volume di traffico transitante).

Il criterio della prioritizzazione appare semplice e di immediata applicazione e, anche se non rappresenta una vera e propria programmazione pluriennale, permette quantomeno l'individuazione delle priorità di intervento, senza ripiegare su scelte discrezionali scarsamente motivate sotto il profilo tecnico economico. Il concetto della lista delle priorità è inoltre ben supportato dall'implementazione di fogli elettronici e di algoritmi per il calcolo di un indicatore sintetico o di un qualsiasi altro indice di stato (p.e. deflessioni, aderenza) per i quali fissare, ad esempio, dei valori limite (minimo o massimo) oppure definire un campo di variazione, costituendo una soglia di allerta e una soglia di sicurezza oltre la quale non è possibile garantire le prestazioni minime della sovrastruttura stradale.

6.3. Ottimizzazione

L'obiettivo dell'ottimizzazione è individuare la migliore strategia per ogni elemento della rete (sezioni omogenee o di progetto) senza superare i limiti imposti dalle risorse disponibili, ma ottimizzando su un arco temporale di riferimento il budget disponibile (figura 6.3). Le strategie così selezionate vanno a comporre il programma di intervento (figura 6.4) che rappresenterà lo strumento a cui l'amministrazione potrà fare riferimento per decidere dove, come e quando intervenire.



Fig.6.3: Scelta della strategia ottimale per ogni sezione stradale.

Come già introdotto nella premessa l’ottimizzazione è una tecnica di programmazione che nel caso specifico è finalizzata alla ricerca delle strategie in grado di massimizzare i benefici, nei limiti del budget disponibile.

Nel campo della manutenzione stradale e quindi nella scelta degli interventi, la tecnica del “rapporto incrementale dei benefici/costo degli interventi” è quella che ha riscosso il maggior successo grazie alla sua intuitività, alla facilità di implementazione all’interno di un sistema di gestione, ma soprattutto grazie ai tempi ridotti di elaborazione anche per reti di notevoli dimensioni.

Anno	Sezione	lunghezza (km)	N°. Strada	da km	a km	Tipo di intervento	Costo (€)
2005	705_0.429	0.071	705	0.429	0.50	RIFA_CB_ord	3.310
2005	744_2.054	0.146	744	2.054	2.20	RIFA_CB_ord	6.680
2005	745_4.15	0.169	745	4.150	4.32	RIFA_CB_ord	7.868
2005	H13_0.654	0.513	H13	0.654	1.17	RICO_CB_ord	93.187
2005	H13_1.167	0.333	H13	1.167	1.50	RISA_CB_mod	86.270
2005	H13_1.5	0.335	H13	1.500	1.84	RISA_CB_mod	86.788
2005	H329-1_0	0.450	H329-1	0.000	0.45	TMIC	10.017
2005	H332_1.15	0.375	H332	1.150	1.53	TMIC	8.348
2005	H352_0.8	0.300	H352	0.800	1.100	RISA_CB_mod	77.721
2005	T13-1_0	0.400	T13-1	0.000	0.400	RAFF_CB_mod	15.708
2005	T13-2_0	0.950	T13-2	0.000	0.950	RAFF_CB_mod	37.307
2006	71_0	0.082	71	0.000	0.082	RISA_CB_ord	19.981
2006	733_0	0.450	733	0.000	0.450	RIFA_CB_ord	20.979
2006	744_0.45	0.236	744	0.450	0.686	RIFA_CB_ord	11.003
2006	82_3.1	0.100	82	3.100	3.200	RISA_CB_ord	24.367
2006	H13_0	0.654	H13	0.000	0.654	RISA_CB_ord	159.360
2006	H329-3_13.9	0.486	H329-3	13.900	14.386	RIFA_CB_ord	22.658
2006	H4_12.4	1.000	H4	12.400	13.400	RICO_CB_mod	181.650
2006	H4_14	1.500	H4	14.000	15.500	RICO_CB_mod	272.475
2006	H4_15.85	1.650	H4	15.850	17.500	RICO_CB_mod	299.723
2006	T13-1_0.4	0.450	T13-1	0.400	0.850	RICO_CB_mod	81.743
2007	61_0	0.850	61	0.000	0.850	TMIC	18.921
2007	61_0.85	0.626	61	0.850	1.476	TMIC	13.935
2007	706_2.9	0.500	706	2.900	3.400	RIFA_CB_mod	26.810
2007	711_0.411	0.524	711	0.411	0.935	RIFA_CB_mod	28.097
2007	74_3.505	0.095	74	3.505	3.600	RISA_CB_mod	24.612
2007	803_0.9	0.200	803	0.900	1.100	RISA_CB_mod	51.814
2007	H14_1.175	1.115	H14	1.175	2.290	RIFA_CB_mod	59.786
2007	H332_1.525	0.867	H332	1.525	2.392	RIFA_CB_mod	46.489
2007	T332_0	0.400	T332	0.000	0.400	RISA_CB_ord	103.628

TMIC:	microtappeto a freddo.
RIFA_CB_ord:	rimozione e rifacimento dello strato di usura in conglomerato bituminoso ordinario.
RIFA_CB_mod:	rimozione e rifacimento dello strato di usura in conglomerato bituminoso modificato.
RAFF_CB_mod:	realizzazione di un nuovo strato di usura in conglomerato bituminoso modificato sulla pavimentazione esistente.
RICO_CB_ord:	rimozione e rifacimento degli strati di usura, collegamento e base in conglomerato bituminoso ordinario.
RICO_CB_mod:	rimozione e rifacimento degli strati di usura, collegamento e base in conglomerato bituminoso modificato.
RISA_CB_ord:	rimozione di tutti gli strati della pavimentazione esistente e ricostruzione con eventuale costipamento del sottofondo (base, collegamento e usura in conglomerato bituminoso ordinario).
RISA_CB_mod:	rimozione di tutti gli strati della pavimentazione esistente e ricostruzione con eventuale costipamento del sottofondo (base, collegamento e usura in conglomerato bituminoso modificato).

Fig.6.4: Esempio di programma di intervento risultante dall'applicazione di una procedura di ottimizzazione.

Il rapporto incrementale benefici/costi è definito come il rapporto tra l'incremento dei benefici e l'incremento dei costi che si ha tra strategie successive.

Il modo migliore per chiarire le modalità di selezione di questa tecnica è la rappresentazione grafica; il diagramma di figura 6.5 valido per un'unica sezione di progetto della rete, raccoglie sull'asse delle ascisse e delle ordinate rispettivamente i costi e i benefici delle diverse strategie manutentive. Si ricorda che con il termine strategia si intende l'applicazione di un determinato intervento in un dato anno per uno specifico elemento della rete (p.e. una fresatura e un rifacimento del solo strato di usura nell'anno 2005 differisce da una fresatura e un rifacimento superficiale del solo strato di usura nell'anno 2006). I punti rappresentati nel grafico di figura 6.5 stanno quindi ad indicare diverse strategie manutentive per una specifica sezione stradale. Ovviamente oltre alle 8 diverse strategie viene rappresentato il punto relativo al "non far niente" che comunque rimane una possibile alternativa di scelta.

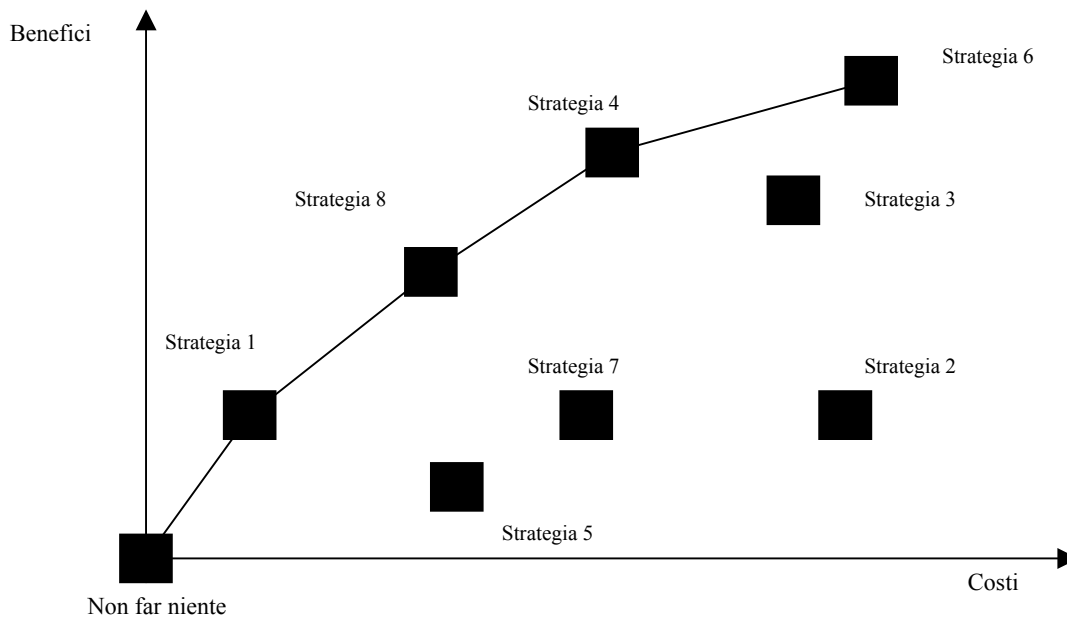


Fig. 6.5.: Piano costi-benefici per l'analisi delle strategie manutentive.

I punti che nel diagramma sono collegati con una linea spezzata rappresentano quelle strategie che garantiscono il miglior rapporto incrementale benefici/costi. Ovviamente nessun punto dovrà risultare al di sopra di questa linea che verrà identificata come "frontiera di efficienza". Il sistema di gestione avrà quindi il compito di selezionare, per l'intera rete, le strategie che sono più efficienti nei limiti imposti dalle risorse disponibili.

Si passa ora alla definizione dei costi e dei benefici evitando di entrare nel merito della definizione dei loro modelli, ma fornendo invece i concetti essenziali per la loro valutazione.

6.3.1. COSTI

Prima di procedere con la definizione dei costi è opportuno fare una precisazione; una corretta pianificazione della manutenzione necessita di considerazioni economiche che risultano essere decisive nella scelta delle strategie di intervento più efficaci. È quindi necessario, per poter confrontare i costi, ma anche i benefici, definire l'anno a cui vanno riportate queste valutazioni. Una volta selezionato l'anno di riferimento (p.e. l'anno in cui si sta svolgendo l'analisi) per ogni voce di spesa deve essere calcolato il valore attuale netto (Present Value):

$$PV(S_n) = S_n (1/1+i)^n$$

dove:

- S_n è la spesa all'anno n
- $PV(S_n)$ è il valore attuale (Present Value) della spesa S_n
- i è il tasso di interesse

COSTI DELL'UTENTE

I costi dell'utente vengono anche definiti come costi di esercizio dei veicoli (V.O.C. Vehicle Operating Costs) e costi per perdita di tempo. In letteratura esistono diversi modelli che permettono il calcolo di questi tipi di costi tra i quali quello adottato dalla Banca Mondiale, frutto di campagne sperimentali promosse in diversi Paesi in via di sviluppo. In mancanza di modelli migliori quest'ultimo ben si adatta a molte realtà, ovviamente dopo un'accurata taratura del modello.

Generalmente i modelli suddividono il parco veicolare in diverse categorie di veicoli (p.e. automobili, autobus, autoarticolati, ecc.) definendo per ogni categoria varie voci di costo: consumo carburante, consumo pneumatici, consumo pezzi di ricambio, consumo lubrificanti, manodopera per riparazioni, deprezzamento veicolo, interessi, costo dell'equipaggio, costo del tempo dei passeggeri, costi generali, costi delle operazioni di carico e scarico; queste diverse tipologie di costo vengono definite per mezzo di funzioni analitiche in funzione della velocità media di esercizio e delle condizioni della strada.

Per ogni categoria di veicoli, pesata in modo diverso a seconda dell'incidenza sul volume di traffico annuo, viene definita la somma di tutti i costi sopra menzionati che rappresenta il costo totale annuo di esercizio dei veicoli (o costi utenti) su un determinato tronco stradale.

COSTI DELL'AMMINISTRAZIONE

I costi che deve sostenere l'ente gestore nell'ambito di una prefissata strategia manutentiva sono i più semplici da valutare e per questo motivo molto spesso sono anche l'unica categoria di costi che viene implementata in un sistema di gestione della manutenzione delle pavimentazioni. In questa categoria rientrano le spese relative a tutti gli interventi di manutenzione previsti nell'arco di tutto il periodo di analisi. Semplicemente sarà sufficiente impostare i costi (€/m²) di ogni singolo intervento per determinare il costo totale di gestione di ogni singola tratta della rete durante il periodo di analisi. I Costi dell'Amministrazione sono direttamente influenzati dal livello di budget ipotizzato che, per politiche manutentive differenti, può variare di anno in anno; in base ai risultati dei sistemi di gestione si può quindi decidere di variare i livelli di budget in modo da garantire le prestazioni che si intendono raggiungere in termini di condizioni delle pavimentazioni.

COSTI DELLA COLLETTIVITÀ (INCIDENTALITÀ)

Si tratta della categoria di costo meno adoperata all'interno dei sistemi di gestione data l'elevata difficoltà nell'attribuire all'incidentalità non solo un valore di tipo economico, ma anche di tipo sociale visto che attualmente il tema della sicurezza rappresenta una forte componente nella valutazione degli investimenti nell'ambito delle infrastrutture di trasporto.

Anche in questo caso in letteratura esistono dei modelli che permettono di determinare questo tipo di costi, generalmente basati sul calcolo del costo medio degli incidenti connesso ai decessi e al costo medio degli incidenti legato ai danni prodotti alle persone. È quindi necessario conoscere il numero medio dei morti e dei feriti per incidenti stradali (definendo i tassi di mortalità e di feriti) e i costi unitari assunti per i decessi e per i danni alle persone causati dagli incidenti stradali.

Per il calcolo dei tassi di mortalità e di feriti si adoperano relazioni che determinano un fattore di correzione del tasso nel caso in cui la pavimentazione si trovi in condizioni di aderenza differenti. È indubbio infatti che numerosi incidenti su strada bagnata siano caratterizzati da bassi valori di aderenza con conseguente aumento del tasso di mortalità e di feriti.

I costi di incidentalità possono essere sommati ai costi di esercizio degli utenti, ovviamente utilizzando degli opportuni coefficienti che pesino in modo differente le due diverse voci di costo; in questo modo ogni Amministrazione ha la facoltà di attuare politiche mirate a garantire una maggiore sicurezza, piuttosto che a ridurre i costi di esercizio dei veicoli.

6.3.2. BENEFICI

Le modalità generalmente adottate per il loro calcolo sono tre:

- a) in base al miglioramento delle condizioni della pavimentazione;
- b) in base al risparmio nei costi di esercizio degli utenti (V.O.C.);
- c) in base al valore attuale netto del costo totale del trasporto.

La scelta del metodo da utilizzare sembra essere più una scelta politica in quanto si deve decidere quali sono gli aspetti da privilegiare, per esempio tenere conto dei costi di esercizio e quindi considerare l'utente come un cliente piuttosto che come un semplice utilizzatore della strada, oppure considerare come beneficio il mero miglioramento delle condizioni della pavimentazione oppure il costo complessivo del trasporto (utente + amministrazione). Spesso nella scelta della modalità di valutazione dei benefici ricoprono un'importanza notevole i dati che l'Ente dispone (p.e. se sono ben noti gli indici di stato ed il loro degrado nel tempo la scelta ricade sulla prima modalità di calcolo "a").

MIGLIORAMENTO DELLE CONDIZIONI DELLA PAVIMENTAZIONE (AUC)

Il beneficio viene calcolato valutando le differenze tra l'indice rappresentativo della condizione della pavimentazione dovuto alla messa in pratica di una strategia manutentiva e lo stesso indice nel caso di assenza di intervento (strategia "do nothing"), il tutto per ogni anno del periodo di analisi. In pratica si tratta di determinare l'area compresa (AUC: Area Under Curve) tra due curve di degrado: quella relativa alla strategia d'intervento e quella relativa alla strategia "do nothing" (vedi figura 6.6).

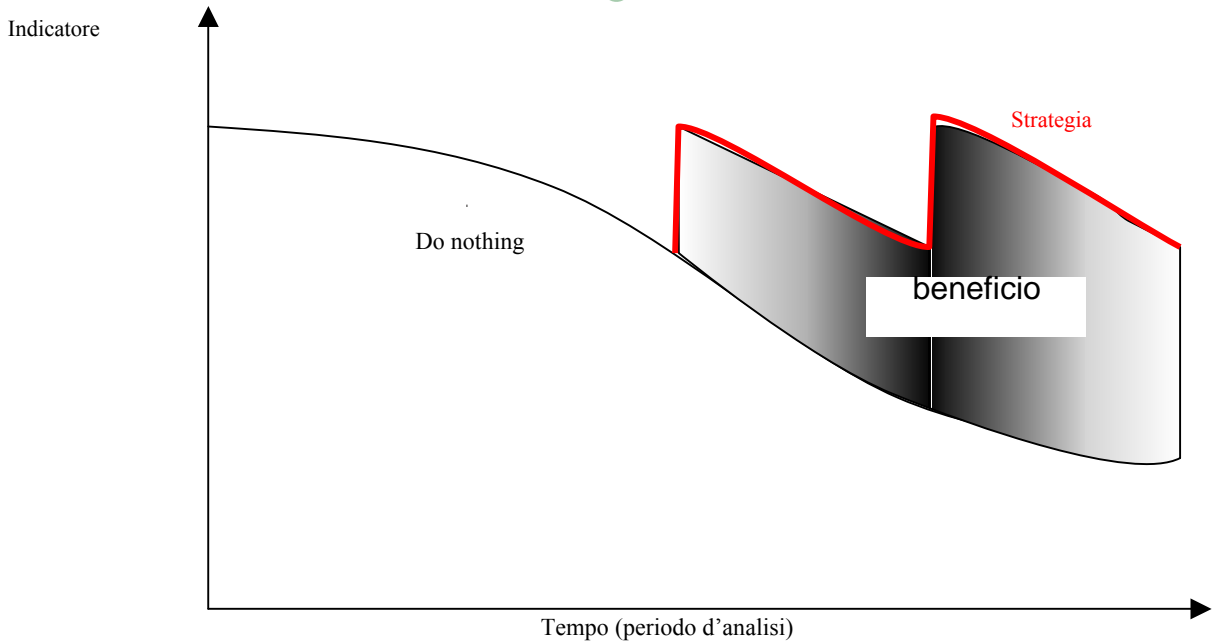


Fig. 6.6.: Benefici valutati in base al miglioramento della condizione della pavimentazione.

RISPARMIO NEI COSTI DI ESERCIZIO DEI VEICOLI

Anche in questo caso si procede al confronto tra i costi sostenuti dall'utente della strada in assenza di interventi manutentivi e i costi sostenuti dall'utente nel caso in cui si applichi una determinata strategia manutentiva. La differenza tra i due evidenzia il risparmio per l'utente, in termini di costi di esercizio, presumendo che una strada soggetta a manutenzione garantisca una migliore circolazione rispetto ad una strada che viene lasciata degradare liberamente (vedi figura 6.7).

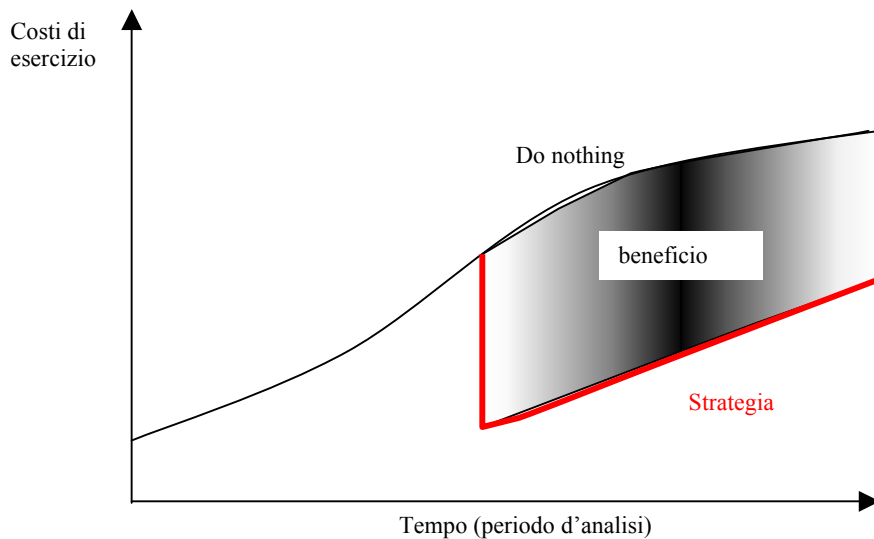


Fig. 6.7.: Benefici valutati in base alla riduzione dei costi di esercizio.

VALORE ATTUALE NETTO DEL COSTO TOTALE DEL TRASPORTO

L'ultimo metodo di valutazione dei benefici prende in considerazione tutti i costi (utente + gestore).

In dettaglio si calcola per ogni anno del periodo di analisi la differenza fra i costi totali di trasporto della strategia e i costi totali di trasporto della strategia "do nothing" e se ne determina il valore attuale che rappresenta il beneficio derivante dalla strategia considerata.

Nel computo dei costi totali si considerano i costi dell'Amministrazione, compresi i costi di costruzione oltre a quelli di manutenzione, e i costi degli utenti, cioè i costi di esercizio dei veicoli. Si fa notare che più alti sono i costi sostenuti dall'ente gestore, minori saranno i costi di esercizio per gli utenti; come si evidenzia graficamente esiste un livello ottimo che garantisce il minimo costo totale del trasporto (vedi figura 6.8).

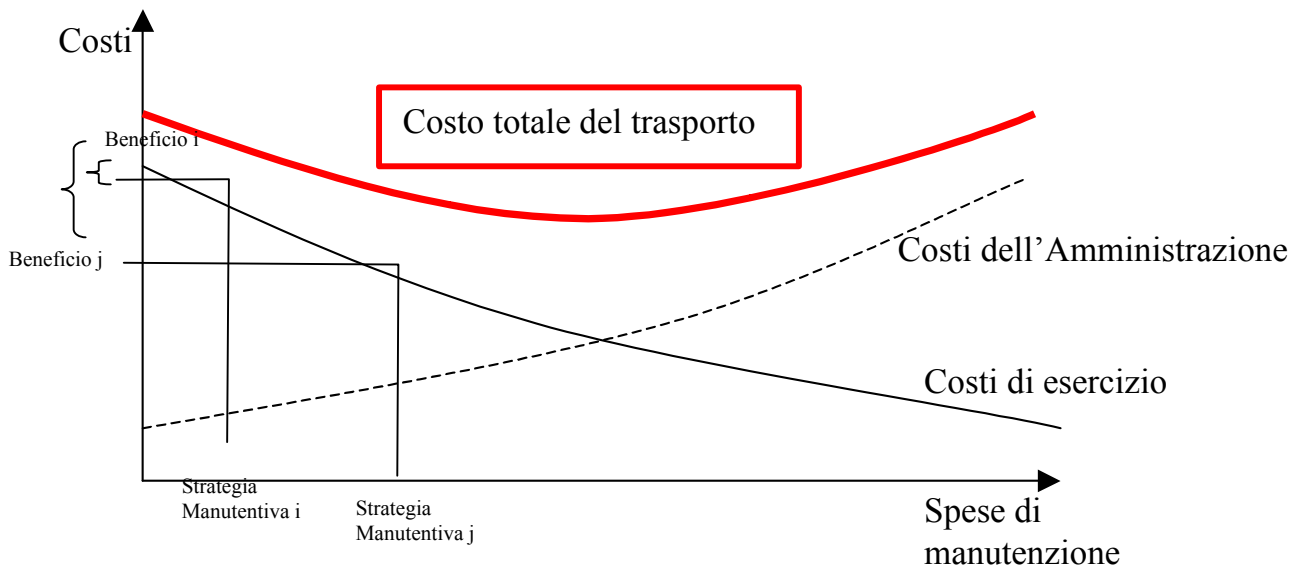


Fig. 6.8.: Benefici valutati in base al costo totale del trasporto.

