

INTRODUZIONE

TEMA, QUESTIONI ED OBIETTIVI

La superficie stradale, meglio nota come pavimentazione o piano di rotolamento, è sede di un complesso di azioni dinamiche esercitate dai veicoli in moto che ne determinano, nel tempo, un progressivo deterioramento. Il fenomeno del decadimento di cui si intende discutere nella presente tesi riguarda, in particolare, una caratteristica intrinseca del piano di via definita *tessitura superficiale*, ossia la “deviazione della superficie reale della pavimentazione da un ideale piano di riferimento”(Norma ISO 13473). Tale caratteristica governa, insieme ad altri fattori “esterni”, la qualità del contatto pneumatico-pavimentazione influenzando la risposta prestazionale dell’infrastruttura alle istanze di eco-sostenibilità, sicurezza e riduzione del costo dello spostamento, riconosciute ormai dalla letteratura scientifica internazionale, nonché dai tecnici del settore, quali criteri basilari di cui tener conto sia nella fase progettuale che nella fase valutativa-manutenitiva dell’elemento *strada*. Realizzare infrastrutture stradali più sicure e performanti è un obiettivo di rilevante interesse per la collettività. Tale obiettivo non può prescindere dalla corretta gestione, già in fase di progetto delle miscele di conglomerato bituminoso, della tessitura superficiale. Essa, infatti, è il fattore che condiziona il livello di aderenza offerta al contatto pneumatico-pavimentazione, è responsabile dell’emissione e propagazione di un’aliquota del rumore di rotolamento percepito sia all’interno che all’esterno del veicolo, può determinare l’insorgere di fenomeni vibratori pericolosi e dannosi per le merci, condiziona l’entità della resistenza al rotolamento del pneumatico che si traduce in possibili incrementi del consumo di carburante, nonché in un più rapido logorio del veicolo stesso. Le caratteristiche superficiali di una pavimentazione, come già accennato in precedenza, non rimangono immutate nel tempo ma subiscono processi evolutivi dovuti alle sollecitazioni trasmesse dai carichi dinamici, proporzionali al numero di assi in transito sull’infrastruttura, e a fattori climatici e ambientali in termini di numerosità ed entità delle precipitazioni meteoriche, presenza di ghiaccio o di sostanze contaminanti, variabilità delle temperature. Individuare le cause del degrado e prevedere il decadimento temporale delle caratteristiche superficiali di una pavimentazione, dunque, si traduce in una efficiente nonché

efficace gestione della sovrastruttura ed in una oculata programmazione degli interventi di manutenzione con evidente riduzione dei costi dell'infrastruttura, soprattutto in un contesto, qual è quello attuale, di disponibilità di risorse limitate.

In tale contesto si inserisce il progetto di ricerca sviluppato nella presente tesi. La ricerca si propone un duplice obiettivo: da un lato comprendere e descrivere i fenomeni evolutivi delle caratteristiche superficiali di pavimentazioni stradali in esercizio, dall'altro valutare l'influenza di fattori di mix design del conglomerato bituminoso sulle performance superficiali delle stesse pavimentazioni e le eventuali dipendenze fra tali fattori ed il processo di decadimento. A tale scopo si è proceduto, in prima istanza, al progetto di laboratorio di miscele in conglomerato bituminoso per strati d'usura a monte della posa in opera di tronchi sperimentali. Sono state confezionate n°4 miscele (M0, M1, M2, M3) caratterizzate da una variabilità compositiva legata alla natura petrografica dell'inerte lapideo (calcare, basalto, argilla espansa) utilizzato in diverse percentuali in peso. Tali miscele sono state successivamente poste in opera su 4 tratti sperimentali, denominati in maniera analoga, appartenenti ad un tronco stradale in esercizio (Strada Provinciale SP 243 - Riva destra del Crati), sulla rete della viabilità gestita dall'Ente Provincia di Cosenza.

METODOLOGIA

Nell'intento di raggiungere gli obiettivi prefissati e di ottimizzare le risorse a disposizione, il metodo di indagine e di ricerca è stato articolato secondo un'architettura temporale ben definita e strutturata nell'arco del triennio del dottorato di ricerca. L'approccio è stato di tipo dicotomico, combinando opportunamente metodologia induttiva e deduttiva, collezione di dati sperimentali attraverso misure in situ e approfondimento e ricostruzione bibliografica dello state dell'arte, acquisizione di procedure e tecniche di indagine e confronto sistematico con la letteratura scientifica.

Nell'arco del triennio, infatti, il cronoprogramma del lavoro di ricerca è stato caratterizzato da successive fasi, operative e non, anche parzialmente sovrapposte fra loro articolate come schematizzato in *Fig. 1*



Fig. 1 – Fasi caratterizzanti l'attività di ricerca

La fase iniziale dell'attività di ricerca ha riguardato lo studio dello stato dell'arte in merito alle caratteristiche superficiali delle pavimentazioni stradali, nonché riguardo tutte le tematiche connesse all'approfondimento del tema del progetto. L'analisi bibliografica è stata articolata in quattro macroaree di interesse identificabili come segue:

- letteratura scientifica i cui contenuti riguardano la descrizione del fenomeno dell'aderenza, dei meccanismi che lo determinano e dell'interazione pneumatico-piano di via (dal punto di vista fisico/meccanico);
- stato dell'arte in merito alle strumentazioni e agli indicatori di misura dell'aderenza e della tessitura superficiale;
- bibliografia riguardante le modalità di rilievo del traffico veicolare, lo studio degli spettri di traffico, nonché il rumore indotto dal traffico veicolare;
- letteratura scientifica relativa allo stato dell'arte in merito ai modelli di decadimento della tessitura superficiale, all'elaborazione matematico-statistica degli stessi, allo studio delle variazioni stagionali e di lungo periodo ed alla dipendenza di tali variazioni da caratteristiche compositive, volumetriche e meccaniche delle miscele di conglomerato bituminoso, nonché dalle qualità intrinseche degli aggregati lapidei impiegati.

Accanto all'analisi di letteratura è stata posta in essere l'acquisizione del Know-How delle strumentazioni in dotazione al Laboratorio dei Materiali Stradali del Dipartimento di Pianificazione Territoriale dell'Università della Calabria, in cui è stata svolta in parte la fase sperimentale della ricerca, in relazione a: misure delle caratteristiche di tessitura di una pavimentazione stradale, attraverso procedure standardizzate; studio e confezionamento di miscele in conglomerato bituminoso di tipo tradizionale e/o drenante; approfondimento delle procedure di indagine per la caratterizzazione degli elementi costitutivi del conglomerato bituminoso: aggregati lapidei (caratterizzazione fisica, petrografica, volumetrica e meccanica) e legante (tradizionale e/o modificato); analisi delle caratteristiche meccaniche e volumetriche delle miscele confezionate di tipo tradizionale e/o drenante.

La fase di "situ" ha riguardato in un primo momento il progetto e la stesa delle miscele di conglomerato bituminoso (1 Agosto 2009) e, successivamente, il monitoraggio dei dati di performance superficiali in 4 campagne di rilievo (Novembre 2009, Maggio 2010, Dicembre 2010, Giugno 2011) su tutti i tronchi sperimentali per un totale di 1940 misure effettuate con 4 strumentazioni di misura e stima della tessitura: British Pendulum Tester, Metodo dell'Altezza in Sabbia, Profilometro Laser, Drenometro a carico variabile.

PRINCIPALI RISULTATI OTTENUTI

I risultati conseguiti a valle della ricerca condotta pongono una serie di questioni fondamentali in merito alla comprensione dei fenomeni evolutivi caratterizzanti le pavimentazioni monitorate. L'elaborazione di un modello analitico di degrado è stata fortemente condizionata dalla tempistica dello studio: il decadimento delle caratteristiche superficiali è stato monitorato in un intervallo temporale pari a 18 mesi dalla posa in opera delle usure sperimentali, range ridotto ai fini di una possibile trattazione statistico-matematica del fenomeno. Tuttavia, importanti conclusioni di carattere tecnico-scientifico sono state tratte dalla sperimentazione.

I risultati principali riguardano la sensibilità dei fenomeni evolutivi delle caratteristiche superficiali del piano di rotolamento a fattori compositivi delle miscele quali la natura degli inerti e la tipologia di legante bituminoso impiegata. Lo studio ha condotto all'individuazione di fenomenologie caratteristiche del processo evolutivo differenziate in base al tipo di miscela; tali considerazioni evidenziano la necessità di un nuovo approccio al progetto dell'infrastruttura stradale. L'elemento "tessitura superficiale", infatti, è al pari di altri requisiti

tradizionalmente richiesti all'infrastruttura (proprietà meccaniche e strutturali), fattore di cui tener conto già in fase di mix design delle miscele di conglomerato. Sono stati, altresì, individuati nessi correlativi fra i dati ricavati con diverse strumentazioni di misura.

Si prospettano, pertanto, interessanti sviluppi di ricerca futuri legati fondamentalmente al prosieguo del monitoraggio dei siti sperimentali nonché al rilievo del traffico veicolare, operazioni entrambe finalizzate alla elaborazione matematica di un modello di decadimento.

STRUTTURA DELLA TESI

La tesi si articola in ben *8 Capitoli*. Dopo un inquadramento iniziale sulle nuove linee di indirizzo nella gestione del patrimonio infrastrutturale (*Capitolo 1*), si procede ad una disamina approfondita della caratteristica "tessitura", nonché ad una dettagliata descrizione di tutte le fenomenologie ad essa correlate, dall'aderenza, al rumore di rotolamento, al costo dello spostamento (*Capitolo 2*). Nel *Capitolo 3* vengono descritti i principali strumenti di misura della tessitura superficiale al fine di fornire un quadro esaustivo di tutte le tecniche comunemente impiegate, mentre in quello seguente (*Capitolo 4*) si riporta un'analisi di letteratura dei principali modelli di correlazione fra indicatori di tessitura e proprietà compositive e costruttive del conglomerato bituminoso. Al *Capitolo 5* si introduce il problema del decadimento con una disamina dei principali modelli matematici rinvenuti in letteratura, classificati per tipologia di indicatori di tessitura "previsti". Il *Capitolo 6* è propedeutico alla descrizione del piano sperimentale nonché all'analisi dei risultati in quanto descrive tutti i fattori di incertezza e di controllo che, per il caso in esame, hanno maggior influenza sulle performance superficiali delle pavimentazioni monitorate. Il *Capitolo 7* si articola in due parti: descrizione del sito e del progetto delle miscele e analisi a consuntivo in laboratorio¹ degli stessi conglomerati bituminosi posti in opera. La tesi si conclude con il *Capitolo 8* in cui vengono illustrati i principali risultati raggiunti nonché le prospettive di ricerca future.

¹ Tutte le prove "indoor" di caratterizzazione delle miscele sono state condotte presso il Laboratorio dei Materiali Stradali del Dipartimento di Pianificazione Territoriale - UNICAL

ABSTRACT

Many dynamic actions due to vehicles take place on road surfaces in the contact area between tire and pavement; these actions can determine its progressive deterioration. This thesis discusses about the intrinsic feature of road surface well-known as “texture”, defined as the deviation of a pavement surface from a true planar surface. Surface texture has a great influence on road functionality and affects user’s safety, vehicle’s operational costs and sustainability. Safety, costs and sustainability are fundamental criteria in the new concept of Pavement Design and Pavement Management System (PMS). Pavement surface texture changes with time. These variations are principally due to traffic actions (long-term variations) but they can also be identified as “short term variations” due to weather, rainfall and other environmental conditions (such as temperature variability). Identifying the causes of deterioration and predicting the evolution of surface performance with time are fundamental operations to ensure proper planning and management methodologies.

This thesis is related to these complex issues and it has two main objectives: describing and evaluating the evolution phenomena of pavement surface characteristics and, at the same time, analyzing how mix design parameters can influence pavement performance.

In order to reach these objectives different types of asphalt mixes were designed and laid in the experimental site of “Strada Provinciale SP 243 – Riva Destra del Crati”. These mixes were laid on 4 road sections. Mixes variability is due to the use of aggregate of different petrographic nature: limestone, basalt and expanded clay. The experimental road pavements were monitored since they were laid (1° August 2009). Texture measurement data were carried out by means of 4 devices and techniques: British Pendulum Tester, Sand Patch Test, Laser Profilometer and Drainability Test. Despite a mathematical model couldn’t be elaborated because of the need of more time to evaluate surface performance deterioration, some important findings are reached in this work. The study has shown some differences in the deterioration behavior of the 4 mixes. This variability is probably due to the mix composition parameters (aggregates and binder type). Some correlations between the data measured by means of different devices were also carried out. Important future research perspectives are linked to the elaboration of the model also thanks to other measurement campaigns.