

Le pavimentazioni stradali: prodotto industriale verificabile in qualità

Con i nuovi Capitolati Prestazionali ANAS collegati a nuovi criteri di progetto ed alle misure di accettazione ad “Alto Rendimento”

(Ing. Eleonora Cesolini, Ing. Gabriele Camomilla, Ing. Pierluigi Bernardinetti, Ing. Stefano Drusin)

IL VERO CAPITOLATO PRESTAZIONALE

Il Capitolato Prestazionale per un'opera pubblica è un punto di arrivo che permette ad una struttura organizzativa di produrre beni con livello di qualità certo. Ciò risulta possibile solo operando con strumenti di controllo dei risultati estendibili a tutto il prodotto con costi e tempi di misura sostenibili.

Il Capitolato Prestazionale richiede che vengano indicate prestazioni specificamente legate alle funzioni del bene, ma anche la possibilità (metodi ed attrezzature condivise) di verificare in tutte le sue parti il bene prodotto.

In questo modo esso stimola l'esecutore a bene operare per il risultato comune e non solo ad “obbedire” a prescrizioni rigide e spesso difficilmente controllabili e comunque riguardanti solo alcuni aspetti del risultato su strada, la prestazione appunto. Le pavimentazioni hanno in questo modo la loro riunificazione e dignità elevata a prodotto tecnologico completo.

Il Capitolato prestazionale ANAS per le pavimentazioni è connesso a linee guida per il suo uso comprendenti un catalogo di soluzioni, un manuale per progettazione delle miscele, per manutenzioni e nuove costruzioni, e le prescrizioni vere e proprie per le prestazioni da ottenere su strada, secondo valori predefiniti (indicatori) misurate con macchine ben definite.

La novità e l'eccellenza del prodotto consiste nelle conoscenze sui materiali e nei metodi per misurarne

l'efficacia con macchine che rendono operativo tale processo.

Cambia la filosofia di base del lavoro di pavimentazione che le fa evolvere da un processo semiempirico in cui si misurano i singoli materiali (in modo incompleto), e non il loro funzionamento in opera, ad una tecnica scientifica completa per la quale come in altri settori, è possibile progettare il risultato da ottenere e misurare il livello ottenuto su tutto il lavoro eseguito.

Due sono le pietre miliari del processo tecnico scientifico:

La già ricordata verifica globale non distruttiva del risultato sulla strada sia come caratteristiche superficiali (con procedimenti già collaudati nell'uso italiano), che come capacità portante e quindi durata in servizio, che completa le prestazioni richieste ad una pavimentazione.

L'uso di tutti i materiali disponibili anche di tipo marginale, grazie alla possibile verifica globale a fatica da effettuare prima dell'esecuzione del lavoro.

EVOLUZIONE DEL PROCESSO DELLE PAVIMENTAZIONI

L'attuale processo industriale deriva dall'aver perseguito sistematicamente il trasferimento dei risultati delle ricerche sulle pavimentazioni ai metodi ed ai materiali impiegati nella pratica operativa, in modo che esse divenissero patrimonio delle amministrazioni che dovevano costruire e mantenere le pavimentazioni.

Le norme tecniche precedenti però non avevano ben enucleato il significato della parola “prestazionale” perché la collegavano alle caratteristiche da misurare sui singoli componenti più che ad una caratteristica del prodotto finito, come si fa oggi.

In effetti la misura della prestazione, il “prestazionale” appunto, è ciò che non deve lasciare spazio a dubbi sul funzionamento dell'oggetto costruito, tanto è vero che è stato introdotto per permettere di valutare, e pagare, tutto o in parte, il lavoro stradale.

I capitolati tecnici precedenti invece erano un susseguirsi di richieste specifiche da verificare con prove dettagliate che le imprese costruttrici dovevano rispettare per ottenere un prodotto che era definito dal committente in ogni dettaglio, con materiali vergini di tipo specifico e non derogabile e con precise regole di messa in opera; anche un solo cambiamento avrebbe inficiato il risultato.

Tuttavia il controllo puntuale e deterministico che le norme di questo tipo pretendevano è materialmente impossibile (per i tempi di esecuzione delle prove) oppure economicamente troppo costoso.

I capitolati di questo tipo, detti prescrittivi, assumevano quindi più un valore didattico che di efficace strumento di controllo delle lavorazioni.

Questo approccio visto con l'esperienza di oggi aveva due difetti fondamentali:

- richiedeva sempre uso di materiali perfetti o di comportamento noto, che non sempre sono disponibili;
- richiedeva un numero di prove "deterministiche" veramente elevato;

Già nella prima parte degli anni 80 ci si è resi conto che questo approccio non era razionale né proficuo; aveva il difetto di considerare a priori non affidabile ogni impresa esecutrice ed imponeva ogni dettaglio della soluzione, con in più l'onere della prova da parte del committente. All'impresa veniva poi sottratta la responsabilità dell'autocontrollo, che tanti frutti aveva dato nel passato quando le prove del committente erano ridotte al minimo.

Nacque allora l'idea del controllo sul risultato globale, della "prestazione" effettuabile con macchine che lo facessero ad "Alto rendimento" e su tutto il lavoro eseguito.

Nel resto del mondo infatti esistevano già per il settore delle pavimentazioni, macchine in grado di rilevare per esempio l'aderenza fornita sulla strada ai fini della frenatura e del mantenimento in curva dei veicoli, che costituisce una prestazione vera della pavimentazione. A tal fine le prescrizioni delle norme tradizionali fissavano la natura degli inerti, la loro

forma, la lucidabilità, la frantumabilità ecc., ognuno con la sua *brava* prova di controllo.

Con questi tipi di macchine introdotte nel settore autostradale si è arrivati allora alla richiesta di prestazione di aderenza e regolarità delle superfici oggi usate comunemente per le strade più importanti. Mancava il controllo della prestazione principale sulla struttura della pavimentazione, la capacità portante che, già possibile con il Falling Weight Deflectometer con velocità non elevate, oggi è possibile con il TSD ad alta velocità ed in continuo come vedremo.

Il Capitolato ANAS attuale riunisce oggi tutti questi tipi di controllo della prestazione ottenuta lasciando intatte le responsabilità delle Direzioni Lavori, di aumentare l'autocontrollo delle imprese esecutrici nella fabbricazione dei materiali e nella definizione delle lavorazioni, autorizzandone gli usi più svariati, nel rispetto naturalmente delle prestazioni finali.

Tutto ciò è stato possibile perché si sono migliorate le possibilità di progettare le miscele composte con qualsiasi materiale e di valutarne a priori le prestazioni, sia per definire i termini dell'appalto (le prestazioni appunto da ottenere), sia per definire e controllare in corso d'opera le miscele da usare. Per realizzare tutto ciò occorre nuove attrezzature usabili in cantiere per verificare la prestazione principale delle miscele di pavimentazione: la loro durata a fatica.

L'EVOLUZIONE DELLE ATTREZZATURE PER I PROGETTI DELLE MISCELE



La pressa Marshall negli anni 70 era basata su meri criteri empirici legati all'impiego su strada, ma ha permesso di cominciare a trattare i conglomerati bituminosi come materiali "nobili" da calcolare.

L'errore se mai è stato quello di chiederle di più di quello che poteva dare; un'altra pecca era la preparazione dei campioni da usare, che trasformava il materiale rompendolo con i colpi del pestello addensante, che riempivano di rumore infernale i laboratori dell'epoca.

Era un'anticipazione della rivoluzione successiva: la pressa giratoria nella sua versione americana.

La **pressa giratoria** era nata anni prima in quella fonte inesauribile di idee che è il "Laboratoire Central des Ponts et Chaussées" francese che aveva pensato ad un meccanismo che addensava inclinando la



fustella
contenitrice
del provino e
mentre
quest'ultimo
girava; gli
angoli
potevano
essere
variati, come
la velocità di

rotazione, il numero di giri ed il carico; era una prova molto complessa, ma il provino ottenuto assomigliava molto al prodotto in opera di quel materiale.

Gli americani semplificarono drasticamente la prova fissandone alcuni parametri secondo il processo *SuperPave*, da cui è derivata l'attrezzatura attuale ed il modo avanzato di usarla, anche al di fuori delle regola USA che l'hanno normalizzata. Una delle peculiarità dell'uso di questa attrezzatura è la possibilità di valutare l'invecchiamento sotto traffico o il comportamento con diversi gradi di addensamento semplicemente variando il numero di giri della preparazione che può essere fermato a più riprese per simulare, appunto, sia il prodotto appena lavorato, che il prodotto dopo un certo carico di traffico.

La pressa giratoria USA è una realtà funzionante ancora oggi, ma per usarla al meglio occorre una prova di laboratorio semplice e facile per valutare il prodotto ottenuto con la sua azione.

La misura finale di accettazione infatti era ancora legata ad una resistenza a compressione del provino prodotto con il "massaggio" giratorio, ma come per il metodo "Marshall" non direttamente collegata al comportamento finale su strada.

Ci voleva una misura di durata reale che simulava il comportamento del materiale in opera per valutare la durata "a fatica" del materiale.

3

ATTREZZATURE PER LO " STUDIO " DELLA FATICA DEI MATERIALI

Non visibili nella foto
le parti
elettroidrauliche



La pressa a fatica da cantiere

La misura della fatica, oltre ad essere molto complessa (vedi figura 3), deve essere svolta per avere dati assoluti, con attrezzature costose ed ingombranti, non certo usabili nei cantieri.

Per anni i ricercatori hanno cercato di semplificarla, finché una idea semplice e funzionale ha permesso l'evoluzione a cui si lega il metodo ANAS connesso con le nuove normative¹.

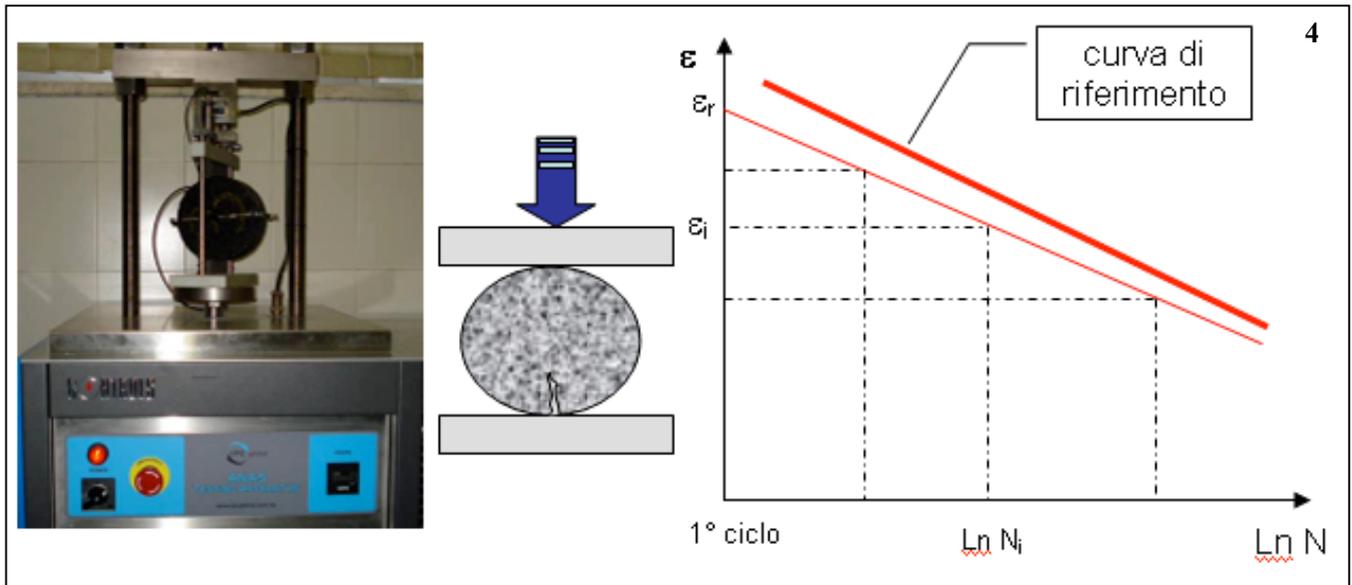
In pratica è possibile semplificare la valutazione delle resistenze a fatica delle miscele da usare nelle pavimentazione operando per confronto con materiali il cui comportamento è noto e ben studiato.

Se i materiali di riferimento vengono descritti da una curva di fatica ottenuta in modo semplificato, la

¹ In effetti l'attuale versione del Capitolato non prevede l'esecuzione "prestazionale" sul prodotto finito delle prove a fatica, perché anche se semplificate, queste sono pur sempre prove "puntuali" e non ad alto rendimento. Il capitolato ne tiene conto nella parte didattico-progettuale, vedi LINEE GUIDA DI PROGETTO E NORME TECNICHE PRESTAZIONALI - ANAS - RICERCA & INNOVAZIONE - Centro Sperimentale Stradale - Atti di ASPHALTICA 2008 .

stessa cosa si può fare con i materiali da esaminare il cui comportamento va confrontato con quello del materiale di riferimento.

I materiali da valutare sono preparati con la metodologia della pressa giratoria e la fatica si induce sui provini cilindrici così preparati e riproducenti il comportamento probabile in opera, tramite compressione diametrale lungo la direttrice del cilindro (come nella prova brasiliana).



La prova si fa con una macchina pulsante (vedi figura 4) con una sola frequenza, ad un carico definito ed alla temperatura dell'ambiente di prova, che va tenuto a circa 20°C; in pratica si semplifica la macchina semplicemente dando all'ambiente in cui si svolge la prova una temperatura facilmente raggiungibile in estate ed in inverno tramite il suo condizionamento, come già avviene nei laboratori di cantiere².

L'attrezzatura ha un costo contenuto e alla portata di un cantiere stradale di dimensioni contenute e richiede una preparazione degli operatori non universitaria come invece occorre per prove di fatica "di studio".

Essa permette l'adozione di materiali locali che hanno costi contenuti ed anche la certezza di superare i

controlli di portanza prestazionali sul lavoro finito, compensano facilmente questi costi.

EVOLUZIONE DEI METODI DI CONTROLLO AD ALTO RENDIMENTO

Il cammino più "facile" è stato quello della misura delle caratteristiche superficiali, prima con gli ormai noti misuratori di aderenza - tessitura e di regolarità (vedi foto 5 con l'ERMES ANAS - evoluzione dello

SCRIM - che misura ormai in un solo passaggio Aderenza, Tessitura e Regolarità) la cui introduzione e normalizzazione risale agli anni 80, nei primi Capitolati Prestazionali "parziali".



Facile in termini tecnici, in quanto le attrezzature erano state sviluppate ed usate all'estero; meno facile in termini operativi perché si dovette definire ex novo il modo ed i limiti con cui queste macchine potevano essere usate per il controllo dei lavori. Le stesse attrezzature potevano essere usate preventivamente

² MISURA PER CONFRONTO DELLA DURATA A FATICA DELLE MISCELE PER LE PAVIMENTAZIONE La nuova metodologia operativa ANAS di Eleonora Cesolini, Pierluigi Bernardinetti, Cristiano Sartori -Anas S.p.A., Centro Sperimentale Stradale - Cesano (Roma), Italy - MAIRE PAV6 Torino - Luglio 2009

per individuare dove i lavori di ripristino divenivano necessari. Oggi è normale parlare di valori di tratto e non più di valori puntuali, ma 20 anni fa il problema sussisteva.

La metodologia della misura di stato e del controllo dei lavori necessari a ripristinarla è nata in quel periodo ed ha portato alla costruzione ed alla gestione in Qualità.

Più lungo è complesso è stato il problema della misura ad alto rendimento della Capacità Portante.

Non era un problema solo di attrezzatura, ma anche di progetto e misura delle caratteristiche intrinseche delle miscela in opera connesso con i metodi razionali di calcolo del pacchetto nuovo e/o del pacchetto di pavimentazioni esistente.

Evitiamo di dettagliare troppo i metodi di calcolo delle pavimentazioni che si sono anch'essi evoluti, ma ricordiamo brevemente nel paragrafo che segue il cammino parallelo che essi hanno seguito per avere il progetto scientifico della pavimentazione; qui ricordiamo brevemente l'iter delle macchine di misura che hanno avuto una svolta con il Falling Weight Deflectometer - FWD - che poteva essere correlato con i valori dei moduli complessi dei materiali in opera.

La relativa lentezza di misura della macchina (fermarsi per ogni prova che dura 1 minuto, in presenza di traffico, non è molto agevole) e la

necessità di effettuare una Back Analysis del bacino di deformazione (controversa nei parametri e quindi contestabile come strumento di Capitolato) non avevano fatto decollare in modo operativo l'uso del FWD come strumento di controllo formale.

Oggi questa problematica è stata brillantemente superata con la semplificazione descritta nel seguito (uso dell'IS - Indicatore di Struttura suddiviso in indicatore degli strati legati e quello dei sottofondi) in più, al lento FWD, si è affiancato il "fulmineo" TSD che potrebbe essere definito Rolling Weight Deflectometer, che misura gli stessi parametri in continuo ed alla velocità di 80 km/ora

La soluzione progettuale individuata (indicata nel 6



progetto in appalto) viene allora valutata in termini di Indice Strutturale IS (da non confondere con l'Is AASHTO, naturalmente) che deve essere ritrovato in opera con le misure di bacino fatte con l'FWD o con il TSD. Il controllo della portanza legato alla durata è così ottenibile facilmente (vedi figura 7).

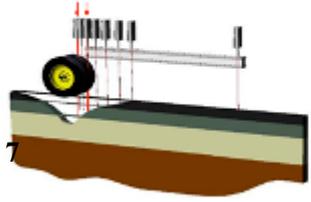
INDICE DI STRUTTURA I_s



Con T.S.D.



L'apparecchiatura è in grado di rilevare ad oltre 80 km/h



$$I_{s300} = D_0 - D_{300}$$

$$I_{s200} = D_0 - D_{200}$$

per controllo RP
risanamenti profondi

I_{s300}

per controllo RS+
risanamenti superficiali

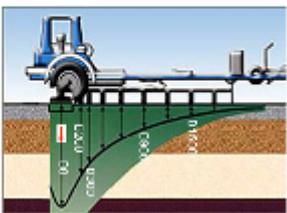
I_{s200}

+ corretto per tenere conto della deformabilità del sottofondo (non interessato dall'intervento) attraverso la differenza delle deflessioni D_{300} e D_{1500}

Con F.W.D.



lo sforzo applicato è 1700 kPa
la temperatura dell'aria durante la prova è controllata (10-20°C)



La convergenza di queste evoluzioni ha prodotto il disciplinare d'appalto prestazionale ANAS.

STATO DELLA NUOVA NORMATIVA ANAS

Le linee guida ed il capitolato sono stati presentati ufficialmente al mondo scientifico a Padova, in occasione della edizione 2008 di ASPHALTICA;

La versione finale, rivista con le aziende esecutrici rappresentate dalla FINCO, è stata approvata dal Consiglio di Amministrazione dell'ANAS ed è divenuta operativa per le manutenzioni a partire dal luglio 2009.

Una ulteriore diffusione scientifica a livello internazionale, a cui si riferiscono le bibliografie delle note 1 ed 2, si è avuta alla sesta Conferenza internazionale su MAIntenance and RhEabilitation of PAVement and technological control, - *Mairepav 6*, di Torino che ha chiuso un cerchio ideale per l'Italia con il primo lavoro di questo tipo preparato per Ann Arbor. La versione 2010 ha aggiunto indicazioni sulle pavimentazioni da eseguire nelle Nuove Costruzioni.

CONCLUSIONI

L'eccellenza di questo nuovo modo di costruire le pavimentazioni stradali dovrebbe essere confermata dai risultati che da esso si attendono:

- le imprese inadeguate dovrebbero essere eliminate dalla competizione, non ottenendo risultati economici se perseverano nei comportamenti attuali; per contro i compensi dei competitori validi saranno più alti ed adeguati alle richieste che dovranno essere esaudite;
- i laboratori tradizionali svolgono una maggior attività per i progetti (visto l'uso di materiali marginali e riciclati) come già succede in paesi dove il terziario è veramente avanzato;
- i tecnici degli enti proprietari scopriranno la validità dell'approccio ed avranno con minor fatica, migliori risultati e minori rischi di tipo legale con questa gestione più scientifica e globale.