

Nuovi scenari per i cantieri delle pavimentazioni stradali

# Capitolato prestazionale e nuove macchine ANAS

FABRIZIO BONOMO, LUISA CASAZZA

Intervista a Eleonora Cesolini, Direttore Ricerca e nuove tecnologie di Anas, incentrata sul Capitolato prestazionale di recente definito e adottato da Anas, e sulla macchina di rilevamento ad alte prestazioni che ne permette l'applicazione, ottenendo misurazioni immediate e a basso costo dello stato della strada, sia essa esistente o di nuova costruzione, prefigurando una rivoluzione qualitativa negli appalti e per lo stato degli oltre 25 mila chilometri della rete stradale Anas

Si parla da tempo di un **capitolato prestazionale innovativo** sviluppato da Anas per le pavimentazioni stradali, come procede la sua definizione?

È già stato messo a punto e adottato: dalla fine del 2010 è in vigore per le grandi manutenzioni, in fase di avvio nelle nuove costruzioni, e sarà via via applicato su tutti gli appalti importanti.

Allo stesso modo sono collaudate e operanti le due macchine di misurazione sviluppate dal Centro Sperimentale Stradale Anas di Cesano (Ccs), una da cantiere e l'altra di misurazione veloce su strada, che nei primi mesi del 2011, e



Eleonora Cesolini

con tempi ristrettissimi, ha analizzato lo stato di oltre 800 chilometri di strade e autostrade in gestione diretta di Anas.

**Perché avete dovuto sviluppare nuove macchine di misura, non ne esistono già molte?**

Queste macchine sono strettamente legate al nuovo Capitolato Anas, perché lo rendono applicabile.

Infatti, se non si è in grado di misurare la grandezza indicata come prestazione richiesta, su tutto il prodotto anziché solo in alcuni punti, l'impostazione prestazionale è vanificata, mentre essa è oggi possibile con i due progetti del Centro Sperimentale Anas, velocemente, su grandi



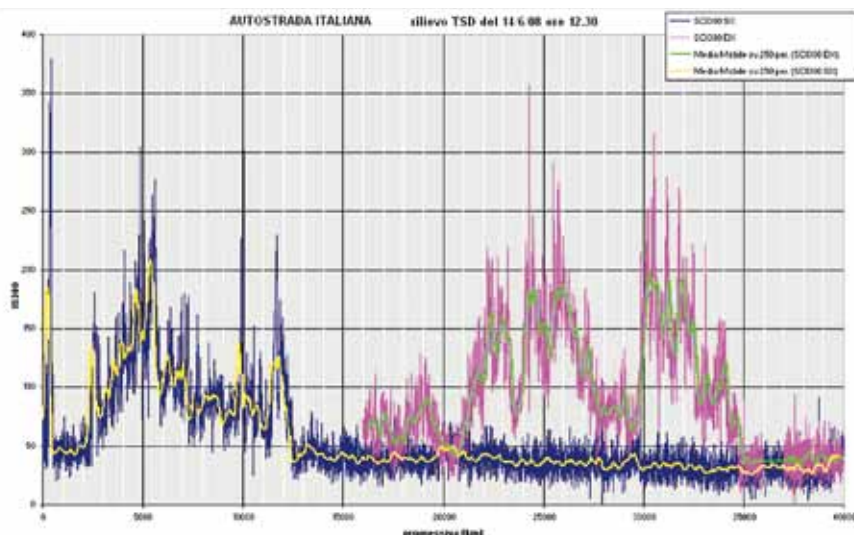


Grafico di un rilievo della portanza di una pavimentazione effettuato con la macchina Traffic speed deflectometer (Tsd) di Anas, e particolare dell'impronta sulla pavimentazione dei sensori laser doppler (punti rossi) che fanno parte della sua strumentazione

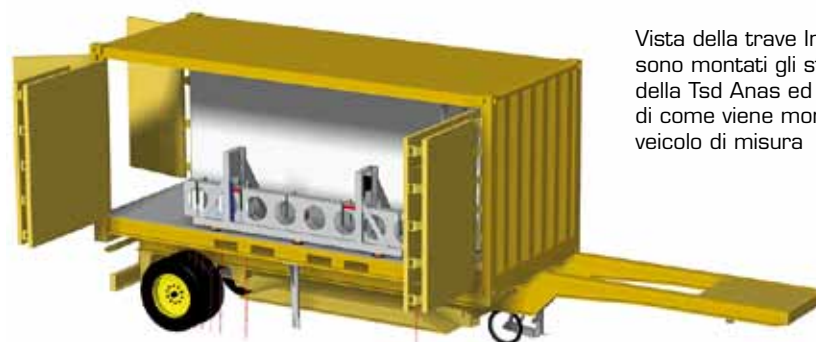
estensioni e a costi molto contenuti. Senza di esse, ed in particolare quella di misura su strada, il controllo delle prestazioni richieste per la pavimentazione stradale si sarebbe potuto fare con meno facilità.

Infatti, quelle disponibili sul mercato e nei laboratori non sono del tutto adeguate alle esigenze di un approccio prestazionale su larga scala, perché generalmente, richiedono tempi di lavoro lunghi e analizzano aspetti puntuali. Ad un gestore di rilievo nazionale come Anas occorrono invece macchine in grado di fornire informazioni globali su un determinato lavoro (o su alcuni suoi aspetti), velocemente e a basso costo e per questo denominate ad alto rendimento che, del resto, è il concetto base dei capitolati prestazionali. In particolare mancava un sistema di misura della portanza – parametro che attiene la durata della pavimentazioni, identificato come elemento chiave di valutazione – non distruttivo e ad alto rendimento, da applicare su tutta l'estensione della strada; analogamente era assente una macchina di laboratorio per la misura speditiva della resistenza a fatica, per stabilire, a monte, la curva di riferimento per ogni miscela da usare, utilizzabile anche a valle, eventualmente in cantiere, da parte di imprese che si autocontrollino, verificando la corrispondenza al Capitolato di quanto in corso di esecuzione.

### Cosa caratterizza la macchina ad alto rendimento su strada?

La misura finale della portanza "riassume" tutte le azioni ed effettua velocemente e a basso costo il controllo sul risultato globale dei lavori, quindi della prestazione effettiva di quanto realizzato.

Certo nel mondo esistono macchine in grado di rilevare la portanza, come il Falling Weight Deflectometer (Fwd), che esegue le misure in modo stazionario ovvero da fermo, con tutte le implicazioni in termini di tempo e di ingombro sulla strada; la nuova macchina messa a punto da Anas, denominata Traffic Speed Deflectometer (Tsd), misura la deflessione in



Vista della trave Invar su cui sono montati gli strumenti della Tsd Anas ed esempio di come viene montata su un veicolo di misura



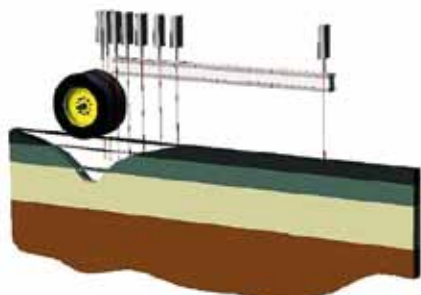
una catena di punti predefiniti, alla velocità media di 80 chilometri l'ora e quindi senza impegno della sede stradale, con grande affidabilità e precisione.

Non solo: il Tsd misura la portanza anche lontano dalla sezione di applicazione del carico, consentendo di analizzare più aspetti che concorrono alla portanza complessiva dell'infrastruttura e anzitutto il contributo della varietà dei sottofondi che supportano la pavimentazione vera e propria, rispetto a quello dovuto a quest'ultima.

In altre parole, il Tsd Anas è tecnicamente sostituibile da un Falling Weight Deflectometer (una macchina di basso costo e quindi più accessibile), ma non ha confronti per velocità di esecuzione e quantità di dati raccolti.

Senza paragoni sono inoltre le modalità di misura già note di altri aspetti importanti della pavimentazione, come la regolarità, effettuata ogni metro, e l'aderenza, eseguibile ogni 5 metri, o meno, sempre senza fermarsi e ad una velocità di 80 chilometri l'ora.

Vale la pena ricordare che ci sono anche altre macchine in grado di compiere prove simili ad alto rendimento per esaminare altre prestazioni, come il Sideway force Coefficient Routine Investigation Machine (Scrim), divenuta poi Summs, attrezzatura che negli anni Novanta ha rivoluzionato il modo di analizzare le caratteristi-



Vista delle apparecchiature del Tsd e schema di funzionamento del sistema della misura

che superficiali delle pavimentazioni, creando le premesse per le moderne pavimentazioni drenanti, a partire da misure in velocità ben più ricche, in termini di informazioni connesse al risultato finale, dell'analisi di laboratorio delle singole componenti (natura degli inerti, loro forma, lucidabilità, frantumabilità ecc.).

L'ultimo Scrim è poi quello del Centro Sperimentale di Cesano, denominato HERMES, che misura simultaneamente aderenza tessitura e regolarità della strada, con prestazioni già multifunzione, oggi ricercate anche per altri campi stra-

La macchina Hermes di Anas, evoluzione delle macchine Scrim e Summs



dali, oltre a quello delle pavimentazioni, come la segnaletica orizzontale e, in prospettiva, opere d'arte barriere, geotecnica ecc.

### Qual'è il funzionamento della Tsd di Anas?

L'elemento base è la misura mediante sistema laser doppler della deflessione della strada, indotta da un asse da 12 tonnellate, che corrisponde al massimo peso ammissibile sulle strade italiane (a sua volta uno dei più alti in Europa).

Il bacino di deflessione provocato è massimo sotto l'asse e diminuisce via via che ci si allontana.

Lo strumento di misura è montato su un autoarticolato lungo 15 metri, così da rendere il più elevata possibile la distanza tra l'asse di carico, all'estremità posteriore, e l'asse motore del veicolo; tra i due intercorrono così circa dieci metri e non ci sono interferenze nella misurazione.

La macchina misura la deflessione, integrando la velocità di abbassamento, subito sotto l'asse di carico. Misura poi le deflessioni in punti via via più distanti; quello più lontano valuta l'effetto delle fondazioni, degli strati profondi; gli altri, in particolare uno a 300 millimetri dall'asse, misurano la deflessione, e quindi la portanza, dovuta al pacchetto in conglomerato.

Diversi strumenti e accorgimenti fanno sì che le misure eseguite dai laser vengano corrette – del resto si parla di abbassamenti di qualche frazione di millimetro – e posizionate con

massima precisione nello spazio mediante giroscopi. I sensori stessi sono posti su di una barra Invar (cioè indeformabile), posta all'interno del veicolo e espressamente pensata per rendere la misura della velocità di abbassamento dei punti via via misurati, indipendenti dai movimenti del veicolo.

Tutte queste misurazioni contemporanee (non l'abbassamento in quanto tale), incrociate con gli altri dati, costituiscono uno dei punti qualificanti della macchina e delle sue elevate prestazioni.

C'è da aggiungere che il Tsd ha anche una funzione diagnostica della pavimentazioni, non solo quindi di valutazione del lavoro fatto. Esso è quindi in grado di stabilire anche lo stato in essere delle strade aperte al traffico, se stanno per cedere o no, e per quanto tempo. Grazie al suo alto rendimento nella misura, può valutare agevolmente in tempi ristretti tutta la rete nazionale, mettendo le basi per una manutenzione programmata.

### Come nasce questa macchina ad alto rendimento?

Il Tsd Anas è la terza esistente al mondo, la più moderna, dopo un prototipo danese e un altro inglese.

Prende forma implementando il modello danese, concepito per misurare le strade della Danimarca, flessibili ed a bassa resistenza, per renderlo adatto alla misurazione delle strade di grande portanza presenti in Italia, dove circolano i Tir più pesanti del mondo.

Di fatto è stata modificata in termini di numero di sensori, precisione del sensore, frequenza delle misure, valutazione odometrica, ecc.

Viene prodotta da una società danese, la Greenwood, contattata da Anas al Congresso mondiale della Strada di Parigi, nel 2007. Questa società è incaricata del controllo sia delle centrali nucleari della Danimarca, sia del territorio di quel Paese, dal punto di vista geomorfologico sismico: la macchina nasce all'interno di un suo settore di ricerca, dove veniva sviluppata dal punto di vista squisitamente scientifico. Anas ha chiesto di svilupparla ampliandone possibilità e prestazioni operative, in termini di precisione, rapidità e affidabilità.

Di fatto è stata Anas a spingere la loro ricerca in questa direzione, poi ci sono voluti due anni per mettere a punto il progetto, e altri due per costruire la macchina. Ormai la strada è tracciata e in futuro vedremo nascere macchine simili ancora più performanti.

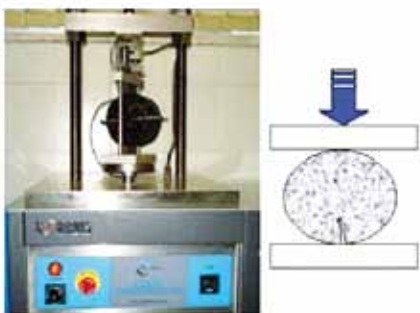


## In cosa consiste invece la macchina "a fatica" di laboratorio?

È uno strumento efficace ed a basso costo per le prova a fatica delle miscele e per la valutazione dell'affidabilità di quelle ottenibili con tutti i materiali disponibili. Nasce sulla base delle ricerche del Centro di Cesano, che a partire dal 2006 punta a individuare strumenti e metodologie meno complesse di quelle esistenti per la valutazione della "fatica" dei materiali, per controllare più agilmente i lavori di manutenzione delle pavimentazioni, anche in cantiere, da parte delle stesse imprese.

Il metodo che permette questa semplificazione si basa sulla cosiddetta Prova brasiliana, con la quale si misura indirettamente la resistenza a trazione del materiale, effettuata su un campione, sollecitato a compressione in modo da generare una sollecitazione uniforme di trazione in corrispondenza di un piano diametrale. Con un carico singolo è la prova

Vista e particolare della macchina a fatica sviluppata da Anas



L'autoarticolato su cui è montato il sistema Tsd

brasiliana tradizionale, la macchina Anas la effettua con un carico pulsante, fino ad ottenere la rottura per fatica a trazione, con un processo più semplice e veloce rispetto alle analoghe prove tradizionali che per la loro complessità si usano solo nei centri di ricerca e non nei cantieri. Il cuore della semplificazione risiede nell'operare con una sola frequenza di applicazione del carico, mentre le macchine più complesse cambiano frequenza, temperatura, carico ecc. richiedendo tempi e costi più alti e, soprattutto, si opera per confronto con la curva di fatica di conglomerati di elevata resistenza e di comportamento operativo noto. È così possibile calcolare l'apporto alla portanza ed alla durata di ogni tipo di miscela (fatta anche con materiali marginali o riciclati) ed inserire nelle richieste del Capitolato la prestazione da ottenere.

Il Capitolato prestazionale quindi concettualmente segue una logica differente rispetto alle metodologie tradizionali, che privilegiano la prova puntuale, deterministica, estremamente accurata di ogni singola lavorazione che tuttavia, essendo complessa e costosa, viene poi effettuata meno spesso di quanto servirebbe. Tali prove di caratterizzazione dei materiali sono sempre presenti nel Capitolato

prestazionale di Anas, ma sono effettuate a monte, per individuare le prestazioni di riferimento della strada realizzata con i migliori materiali, poi completate dalla valutazione della resistenza a fatica delle miscele.

In questo modo le lavorazioni possono essere controllate anche in modo tradizionale, ma lo strumento sviluppato da Anas permette anche di agire in modo veloce e semplificato a valle delle lavorazioni, con prove di tipo globale, confrontando i risultati ottenuti con le curve prestazionali di riferimento.

In questo modo risultano verificate globalmente anche le durate.

A valle del Capitolato quindi non si parla solo di prove sui materiali, ma di prestazioni, semplificando le prove di controllo e al tempo stesso dando spazio a una molteplicità di soluzioni: il materiale può essere di tipo diverso, anche marginale, riciclato, schiumato ecc.

## Perché il nuovo Capitolato Anas è rivoluzionario per il settore?

Perché ha un approccio completamente diverso rispetto al passato, con il quale si intende responsabilizzare le imprese, precisando che il gestore della strada non vuole acquistare semplici materiali quali inerti o bitume, ma una pavimentazione complessivamente efficiente, un oggetto finito con determinate prestazioni e prioritariamente dotata di capacità di durata sotto traffico per un certo numero di anni. Con i metodi tradizionali, questa capacità portante può essere verificata solo indirettamente, nel senso che conglome-

rati di determinate struttura spessore e combinazione – è probabile – che assicurino la durabilità richiesta.

Il nuovo approccio capovolge i termini della questione, affermando che non si vuole controllare ogni singola lavorazione ma che comunque il loro complesso dia le prestazioni “fondamentali” richieste. Si parte quindi da un progetto, realizzato con i materiali reperibili in quella zona o di tipo diverso, di cui si indicano anche le caratteristiche intrinseche e verificabili in modo tradizionale stabilendo anche quale debba essere la capacità portante su strada, da rilevare sul prodotto finito, non più su singoli componenti.

Non si afferma quindi che non si effettuino controlli durante la lavorazione, come del resto impone la normativa, ma la logica è quella di chiamare, in modo ineludibile, anche una chiara responsabilità posta in capo all'impresa.

L'Anas controlla l'attività dell'impresa, interviene nel caso si stia andando nella direzione sbagliata, segnala i problemi rilevati; sta all'impresa risolverli, tenendo conto che l'accettazione delle lavorazioni avviene solo al termine dei lavori sulla base di misurazioni prestazionali complessive.

### Cosa distingue il nuovo approccio?

Nell'approccio proposto da Anas il concetto nuovo è la prestazione globale, non quella del singolo componente, dell'inerte, del tipo di bitume o del grado di compattazione, ma dell'insieme verificabile secondo precisi indicatori predichiarati nei valori e nei modi di misura.

E questo non è cosa da poco, specie se si guarda all'approccio tradizionale: i capitolati e le relative norme tecniche prevedono che per le pavimentazioni si parta da ma-

teriali elementari (inerti e leganti, cioè bitume e cemento), da miscelare e mettere in opera seguendo regole dettagliate e lavorazioni precise. Dunque, nell'approccio tradizionale occorre controllare molti dettagli nelle diverse fasi della costruzione e per questo sono indicate molte prescrizioni e misure, molto articolate, e difficili se non impossibili da verificare su tutta l'estensione dei lavori.

È poi ben noto come l'onere della prova ricada sul Committente per ogni tipo di materiale, senza una verifica della qualità complessiva effettivamente raggiunta dall'intervento.

Regole e prescrizioni sono tali e tante che, di fatto, il controllo si effettua a campione su alcuni materiali e lavorazioni, e non tempestivamente come sarebbe invece necessario. Seguire una pavimen-

tazione è infatti particolarmente oneroso, e le prove complesse, nel senso che per avere determinate informazioni è necessario eseguirne molte, anche tenuto conto che l'omogeneità del prodotto finito è garantita solo da impianti fortemente automatizzati e attrezzati allo scopo.

Tutto ciò considerato, il controllo formale si concentra sulle procedure, costoso per la stazione appaltante, e non privo di insidie, senza analoghe certezze che l'Impresa abbia operato un autocontrollo equivalente, e questo a scapito del risultato spesso non soddisfacente.

Anche il controllo finale, il collaudo, non riesce a compiere una verifica globale, ma solo per punti e in modo distruttivo, con il prelievo di carote, dove misurare spessori, addensamento, ecc.

In altre parole, nell'approccio tradizionale il sistema di controllo della qualità si basa su prove deterministiche di controllo e prove distruttive di verifica.

Risultato? Questo approccio ha portato alle strade così come le vediamo oggi.

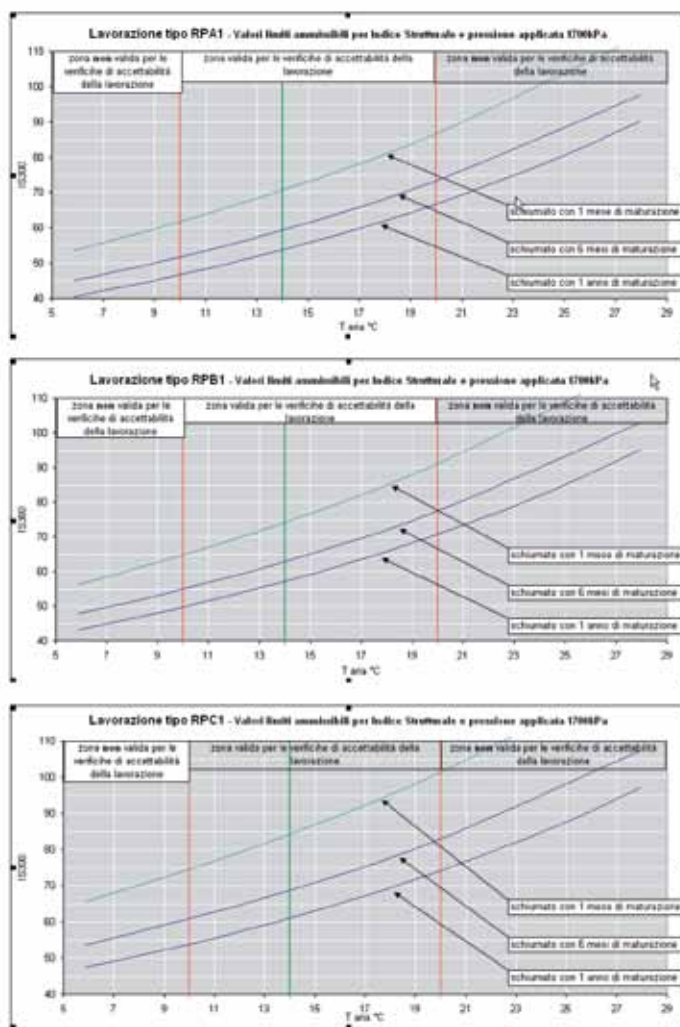
Nell'approccio proposto da Anas il concetto nuovo è la prestazione globale, verificabile secondo almeno tre indicatori - quali l'aderenza (cruciale per la sicurezza); la regolarità (che determina il confort di guida); la capacità portante (per la durata nel tempo) - tutti misurabili su tutta l'estensione dei lavori con sistemi ad alta velocità e con costi e tempi decisamente inferiori a una prova di laboratorio.

### Come è articolato il rapporto con le imprese appaltatrici?

Il Capitolato fornito all'impresa si compone di due parti: la prima, dove si spiega come fare i lavori e la seconda che indica come verranno controllati.

Viene indicato dunque come vanno progettate e realizzate

Esempio dei grafici dei pacchetti di pavimentazione da rispettare inseriti nel Capitolato prestazionale Anas (articolo 10) riferiti in particolare al bitume schiumato



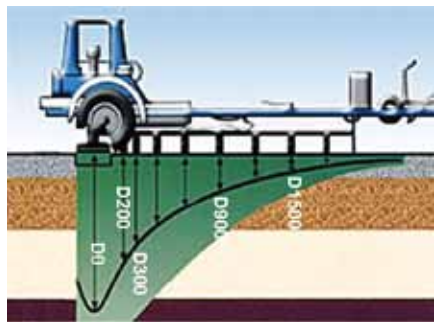


le miscele di materiali per ottenere determinate previsioni di durata: tabelle di riferimento indicano gli indici di spessore del prodotto finito (del pacchetto e della fondazione), ad esempio a un mese, a sei mesi o a un anno di maturazione lasciando però autonomia operativa all'impresa esecutrice che viene quindi invitata all'autocontrollo dal momento che sa di essere sottoposta a controllo del risultato finale.

Le linee guida sulle miscele derivano da esperienze operative ultradecennali e sono state edite nel 2007; ad esse sono seguite nel 2009 le Norme tecniche prestazionali specifiche per gli appalti (la cui versione finale, rivista con le aziende del settore rappresentate dalla Finco, è stata approvata dal Consiglio di Amministrazione dell'Anas ed è divenuta operativa per le manutenzioni a partire dal luglio 2009).

Il Capitolato prevede, all'articolo 10, che i pagamenti siano subordinati al raggiungimento di valori rilevati coerenti con le curve di riferimento fissate nel contratto. Il tutto con una serie di meccanismi che impediscono all'impresa di aggirare le prescrizioni.

Ad esempio, se si utilizzano materiali riciclati con insufficiente aggiunta di bitume, le rigidità possono risultare elevate, ma non sufficienti per le verifiche sulla base degli indici di spessore. Ugu-



Il Tsd Anas durante un rilievo su strada

mente stringenti i vincoli anche sugli spessori dichiarati: se dopo la misura dinamica con la Tsd, indica che il prodotto non è realizzato bene, è sufficiente effettuare carotaggi per accertarlo.

Tutto questo è dichiarato a priori, così che le imprese possano rendersi conto dell'inutilità di ricorrere a sistemi che fino ad oggi hanno permesso di ridurre i costi e ottenere comunque un prodotto accettabile.

Avranno così vita dura i ribassi eccessivi, 40-45% che si registrano oggi e fanno pensare, ad esempio, che sia sbagliato il progetto, oppure prefigurano risparmi sui materiali ecc.

Ma la macchina di rilevamento non fa sconti, in tempi brevissimi passa, misura e può ripetere le prove quante volte si vuole. Non si va certo a cercare il pelo nell'uovo, perché la misura è ad alto rendimento, non deterministica, quindi se nasce una contestazione significa che il lavoro è palesemente sbagliato.

Veicolo e schema di funzionamento del sistema di rilevamento Falling weight deflectometer (Fwd)



Si tratta di un cambiamento radicale, che induce a ben lavorare e riduce gli spazi delle imprese che lavorano male.

### Cosa significa che possono essere utilizzati tutti i tipi di materiali? Non ci sono vincoli?

Obiettivo non è aggirare i vincoli ma ampliare le possibilità di esecuzione: il Capitolato prevede non solo materiali vergini, di prima qualità, ma anche materiali marginali, riciclati, le materie prime-seconde, purché dello spessore e con i leganti adeguati a fornire la portanza e quindi la durata richiesta.

Si tratta di una delle caratteristiche innovative del nuovo approccio Anas all'appalto dei lavori, che introduce la possibilità di verificare a fatica i materiali marginali ammessi al riuso; questa è un'ulteriore rivoluzione, nel senso che l'uso dei materiali marginali utilizzabili, è ammesso e codificato.

Il materiale marginale è per definizione eterogeneo e quindi deve essere valutato nel suo insieme, attraverso una caratteristica globale, cioè la sua durata a fatica, comparata con le curve di prestazione ottimali riferite ai materiali più nobili già impiegati, verificati in durata, riprodotti in laboratorio e verificati con la macchina a fatica.

Su quelli si calibrano tutti gli altri prodotti, già esistenti, o nuovi che via via emergeranno, con una prova facile e veloce; basterà poi adeguare gli spessori.

L'approccio tradizionale richiedeva invece

caratteristiche elevate per ogni materiale e fase del processo costruttivo, ambedue non sempre disponibili o effettuabili; l'esperienza ha invece dimostrato che materiali marginali o riciclati, adeguatamente progettati, controllati nella fabbricazione (dall'Impresa coinvolta) e correttamente posti in opera, può dare ottimi risultati anche se non perfettamente rispondente a tutte le prescrizioni. Del resto, proprio l'esperienza del riciclaggio su vasta scala operato per anni con successo ha dimostrato la sua validità in sede di controllo globale a posteriori, aprendo la strada ai capitolati prestazionali, fermo restando che le prove tradizionali hanno un ruolo insostituibile in fase di progetto delle miscele.

### Come è stato accolto il nuovo Capitolato Anas dei diversi soggetti coinvolti nella costruzione di pavimentazioni stradali?

Come tutte le novità ha registrato un'iniziale freddezza, se non una vera opposizione.



Un'altra immagine del Tsd Anas durante un rilievo su strada e particolare del suo pannello di controllo



In particolare, una delle resistenze maggiori viene, e in parte lo è ancora, da parte dei laboratori tradizionali, che vedono insidiata la loro fonte di reddito principale: le prove di controllo.

Ma come già ricordato, la funzione dei laboratori tradizionali non è messa in discussione dal nuovo Capitolato, anzi, dà

loro il significato più nobile, quella del progetto delle miscele, aprendo parallelamente il mercato dell'autocontrollo delle imprese, stimolate a pratiche virtuose quali l'esecuzione di prove continue, giorno per giorno, per la gestione del lavoro.

Altra cosa è la reazione del mondo delle imprese, che Anas ha voluto coinvolgere già nella fase di definizione del capitolato, con una serie di incontri finalizzati a far conoscere questo nuovo tipo di approccio.

È evidente che con il nuovo Capitolato si ragiona in termini di Qualità (verificabile) e di responsabilizzazione di chi esegue i lavori, premiando chi ha scelto la qualità sostanziale e non formale. Ne consegue che imprese non adeguate saranno in difficoltà, come è giusto che sia, mentre altre che ne hanno colto il senso, ne auspicano la diffusione.

La riprova viene dalle applicazioni del nuovo Capitolato in una serie di lavori pilota, in zone di lavoro diverse, con differenti disponibilità di materiali e maestranze, dove l'uso di materiali marginali che altrimenti sarebbero stati portati in discarica, si è dimostrato una vera soluzione, in quanto supportato da un risultato finale sicuro, misurato e certificato. ■

Un altro esempio dei grafici dei pacchetti di pavimentazione da rispettare inseriti nel Capitolato prestazionale

